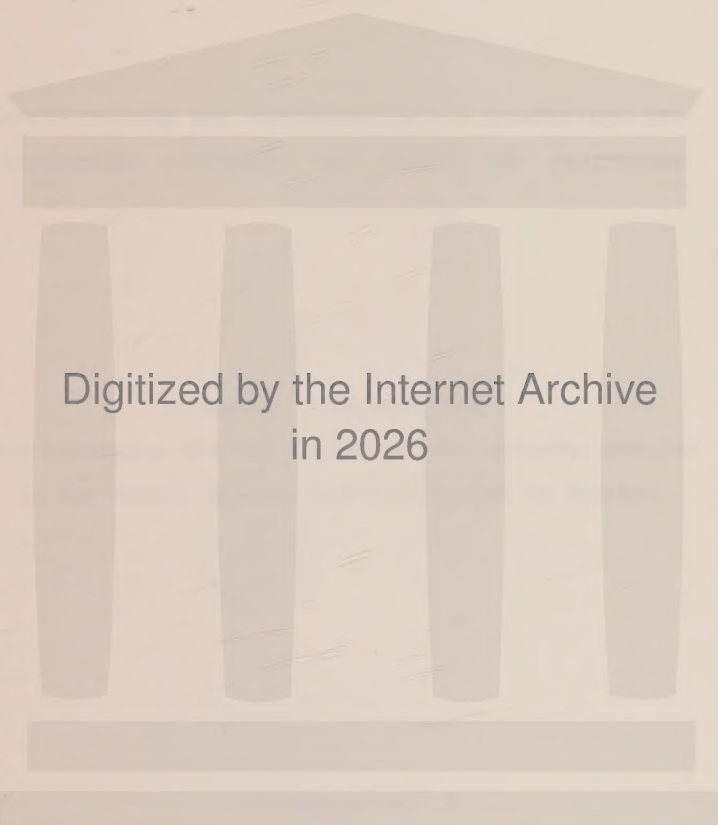


**UNTERSUCHUNGEN ZUR
RÖNTGENOLOGISCHEN DARSTELLUNG
DER ABFÜHRENDEN LYMPHWEGE VON
PLEURA UND PERITONEUM**

Hanns Volker Frank

1975



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551905_0059

Aus der Klinik und Poliklinik für Radiologie der Universität München

Direktor: Professor Dr. J. L i s s n e r

UNTERSUCHUNGEN ZUR RÖNTGENOLOGISCHEN DARSTELLUNG DER
ABFÜHRENDEN LYMPHWEGE VON PLEURA UND PERITONEUM

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Hanns Volker Frank

aus Göggingen bei Augsburg

München 1975

Mit Genehmigung der Universität München

Berichterstatter: Professor Dr. J. Lissner

Mitberichterstatter: -

Dekan: Professor Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 16.12.1975



INHALTSVERZEICHNIS

=====

	Seite
I. Einleitung	1
II. Anatomie	3
1. Pleura und Peritoneum	3
2. Abführende Lymphwege der Pleura und des Peritoneum	7
III. Resorptives Verhalten von Pleura und Peritoneum	18
1. Resorption und Transport von	18
a) gut diffusiblen wässrigen Lösungen	18
b) korpuskulären Stoffen	20
c) Kolloiden	25
d) Fetten	28
2. Resorptionsmechanismen	29
a) Resorptionsvorrichtungen	29
b) Resorption durch Interzellularspalten	30
c) Phagocytose	33
d) Passage durch die Mesothelzelle	34
3. Faktoren, die die Resorption beeinflussen	38
4. Praedilektionsstellen der Resorption	39
IV. Frühere Untersuchungen zur röntgenologischen Darstellung der abführenden Lymphwege von	42
1. Pleura	42
2. Peritoneum	45
V. Eigene Untersuchungen	54
1. Material und Methodik	54
2. Ergebnisse	56
VI. Diskussion	68
VII. Zusammenfassung	80

Literaturverzeichnis

Anhang

I. Einleitung

Die röntgenologische Darstellung der abführenden Lymphwege der Pleura und des Peritoneum erscheint aus mehreren Gründen wünschenswert. Erstens könnten dadurch Lage und Verlauf dieser Lymphwege erneut überprüft werden. Zweitens böte sie Gelegenheit, weiteren Einblick in die Funktion und Dynamik der Lymphströmung in diesem Bereich zu gewinnen. Für die Anatomie, die normale und pathologische Physiologie würde somit eine zusätzliche Untersuchungsmethode geschaffen. Sie würde drittens bei allen Erkrankungen, die das lymphatische System direkt oder indirekt betreffen, eine Bereicherung der klinischen Diagnostik darstellen.

Versuche, die aus ähnlichen Überlegungen zur Darstellung der Lymphwege anderer Regionen unternommen wurden, haben mit der Einführung der direkten Lymphographie durch Kinmonth einen erfolgreichen Abschluß gefunden (60a, b, 61). Ihre Anwendung beschränkt sich aus methodischen Gründen auf die chirurgisch zugänglichen Lymphgefäße (LG) und deren weitere Abflußbahnen. Um Kontrastmittel (KM) in ausreichender, schattengebender Konzentration in die Lymphkollektoren der Pleura und des Peritoneums einzubringen, muß nach anderen Möglichkeiten gesucht werden.

Es ist naheliegend, die Füllung dieser Lymphbahnen über die Aufnahme von KM aus den serösen Höhlen zu versuchen. Die anatomischen und physiologischen Voraussetzungen sind jedoch zunächst zu prüfen. Deshalb sollen anhand der Literatur die resorptiven Eigenschaften von Pleura und Peritoneum untersucht werden; daneben wird eine ausführliche Beschreibung derjenigen LG und Lymphknoten (LK) gegeben, die aufgrund ihrer räumlichen Beziehung zur Brust- und Bauchhöhle an der Aufnahme und am Transport der resorbierten Substanzen beteiligt sein könnten.

Versuche, durch die intrapleurale und intraperitoneale Injektion von KM Lymphbahnen röntgenologisch sichtbar zu machen, wurden bereits früher mit Erfolg durchgeführt (Literatur dazu in Kap. IV). Eine klinisch brauchbare Methode ließ sich bisher jedoch nicht entwickeln. Thoriumdioxid (Thorotrast, Thoriofanin), das von den untersuchten KM am geeignetsten erschien, erwies sich als cancerogen (30, 122) und konnte deshalb nicht verwendet werden. Unsere Absicht ist es, tierexperimentell zu prüfen, ob die zur Zeit in der Klinik gebräuchlichen KM aus den serösen Höhlen resorbiert werden und in welchem Umfang die ableitenden Lymphwege dabei zur Darstellung gelangen.

II. Anatomie

1. Pleura und Peritoneum

Pleura- und Peritonealraum leiten sich, ebenso wie die Pericardhöhle, ontogenetisch vom Rumpfzölom ab und sind durch das Einwachsen des Zwerchfells aus diesem entstanden. Ihr gemeinsamer entwicklungsgeschichtlicher Ursprung bleibt auch am ausgereiften Individuum erkennbar. Beide Körperhöhlen werden von einem Mesothel ausgekleidet, das sich, wie später noch ersichtlich wird, in seinen Funktionen und Reaktionen stark ähnelt und das von örtlichen Besonderheiten abgesehen im wesentlichen überall gleichartig aufgebaut ist.

Das Mesothel besteht aus einer einschichtigen Lage meist platter, polygonaler Zellen mit hellem Kern. Dieser Zellverband imponiert an seiner Oberfläche glatt und spiegelnd und ist stellenweise mit Mikrovilli besetzt. Seine Zellgrenzen bzw. Interzellularspalten lassen sich im lichtmikroskopischen Bereich gut mit Hilfe von Silbersalzen markieren (82, 118a).

Durch elektronenmikroskopische Untersuchungen konnte das Mesothel folgendermaßen genauer charakterisiert werden:

Der ovale oder nierenförmige Kern der Mesothelzelle weist nur eine mäßig dichte Chromatinstruktur auf (7, 74). Im Cytoplasma sind verschiedene Zellorganellen relativ spärlich vorhanden oder gering entwickelt, die allgemein mit der enzymatischen, sekretorischen oder resorptiven Aktivität einer Zelle, also letztlich mit der Zelleistung in Verbindung gebracht werden. Dies gilt vor allem für das endoplasmatische Retikulum und den Golgi-Apparat (7, 74, 134), aber auch für die Mitochondrien (7). Ein weiteres Indiz der geringen Zelleistung ist die schwache Enzymaktivität der Mesothelzelle, die keine saure und alkalische Phosphatase und keine unspezifischen Esterasen enthält (141). Das Cytoplasma weist jedoch reichlich Mikrovesikel auf (7, 74, 134). Gleichartige Vesikel in

den Endothelzellen der Blutkapillaren sollen dort eine wichtige Funktion beim aktiven Transport von Substanzen durch die Kapillarwand besitzen (103a, b). Sie sind in der Mesothelzelle nicht so zahlreich wie in der Endothelzelle (24b) aber ebenso wie dort bevorzugt an der basalen, apikalen und seitlichen Zelloberfläche zu finden (24b, 134).

Die freie Oberfläche der Mesothelzelle ist mit Mikrovilli besetzt, die ungleichmäßig dicht angeordnet sind und mit etwa $2,5\mu$ (140) bis 3μ (74) zu den längsten der Säugetier-epithelien zählen (7). Da sie lediglich Ausziehungen des Zelleibes darstellen (111), werden sie von der üblichen dreischichtigen Plasmamembran begrenzt (140), können cytoplasmatische Vesikel enthalten (7, 74) und sind an ihren freien Enden z.T. kolbenförmig aufgetrieben (7, 140).

Zwischen den einander benachbarten Zellen finden sich Spalt-räume, deren Form und Weite erheblich variiert (134). Ihr Verlauf ist meist gewunden und schwer verfolgbar (7, 140). Von einfachen schmalen Berührungspunkten der Zellgrenzen bis zu den kompliziertesten Verzahnungen und Überlappungen finden sich viele Übergänge (134). Selbst Seiten- und Nebenspalten, die vom Hauptspalt ausgehen und getrennt von ihm an der freien Oberfläche der Zellschicht enden, wurden vermutet (7). Staubesand und Schmidt (134) faßten die interzelluläre Kontaktzone als eine Art Transformationsfeld auf, das sich funktionellen Gegebenheiten anzupassen vermag und eine Bedeutung für einen zwischenzellulären Stoffaustausch besitzen könnte. Der mittlere Zellabstand im Bereich der unteren zwei Drittel des Interzellularspaltes wurde mit $200 \text{ \AA}$ ermittelt (24a, b). In seinem Verlauf finden sich in der Regel eine oder mehrere, häufig nahe der mesothelialen Oberfläche gelegene Stellen, die zunächst wie geschlossene Verbindungen des Interzellulärspaltes imponieren (24a, b). Bei entsprechender Vergrößerung fand sich an diesen Stellen in einem Teil der Fälle ein deutlicher Spalt mit einem Durchmesser von $15-40 \text{ \AA}$. In anderen Fällen schienen hier die Grenzmembranen der benachbarten Zellen noch enger aneinander zu liegen; sie waren häufiger unter

vollständiger Obliteration des Interzellularspaltes mit ihren äußeren Lamellen miteinander verschmolzen (24a). Die letztgenannten Strukturen wurden bereits an anderen Geweben als spezialisierte Einrichtung zur Festigung von Zellverbindungen erkannt und als Zonulae occludentes (tight junctions) bezeichnet (35). Sie sollen außerdem an Deckzellen von Epithelien und am Endothel als Diffusionsbarriere fungieren, möglicherweise auch einen völligen Verschuß des Interzellularspaltes gegenüber der Oberfläche des Zellverbandes bewirken. Diese Funktion, die z.B. an den Kapillaren der Cerebralgefäße gesichert werden konnte (109) scheint jedoch am Mesothel nicht oder nicht in diesem Maße gegeben (24a, b, 74). Weitere Differenzierungen der Zellverbindungen, die mit den Zonulae occludentes unter dem Begriff des "junctional complex" (35) zusammengefaßt wurden, stellen die Zonulae adhaerentes und Desmosomen dar. Sie sind ebenfalls am Mesothel realisiert (7, 74, 134) und dienen der Festigung des Zellzusammenhaltes.

Der mesotheliale Zellverband ruht auf einer Basalmembran, deren Dicke mit 500 Å (74) bis 1000 Å (140) angegeben wurde.

Unterlagert wird das Mesothel von Bindegewebe, der Thela subserosa, die sich in unterschiedlicher Dicke und regional verschiedenen Schichten mit diesem von der Körperwand auf die inneren Organe umschlägt. Sie enthält Blut- und Lymphgefäße und gestattet den bedeckten Teilen eine gewisse Dehnungs- und Bewegungsfreiheit gegenüber dem Mesothel (17). Leber, Milz, Uterus und Ovar besitzen keine Thela subserosa (17), während sie am Peritoneum sonst aus vier (54), über der Brustwand aus drei und über den Lungen aus zwei deutlich voneinander unterscheidbaren Schichten besteht (47).

Werden Substanzen intracavitär injiziert, so vermischen sie sich z.T. mit der serösen Flüssigkeit der Brust- bzw. Bauchhöhle und verteilen sich auf der Oberfläche des Mesothels. Nach der Injektion von KM werden daher häufig die Konturen und Abgrenzungen des betreffenden Raumes, aber auch die Fal-

ten und Duplikaturen der Serosa roentgenologisch sichtbar. Aus diesem Grunde sollen die entsprechenden anatomischen Verhältnisse unseres Versuchstieres, der Ratte, kurz dargestellt werden, soweit sie sich von denen des Menschen unterscheiden.

Die Ratte besitzt vier rechte und einen linken Lungenlappen und das höher liegende Herz sitzt dem Zwerchfell nicht auf (34, 49). Zwei Pleurafalten ziehen vom Diaphragma zeltförmig zum Perikard und den Lungenwurzeln (23, 118b). Die vorderen Anteile des Mediastinums zwischen Herzbeutel und Sternum bestehen aus zarten Membranen, die sich aus einem regelmäßigen Balkenwerk mit zahlreichen kleinen Lücken aufbauen, über die die beiden Pleurahöhlen miteinander in Verbindung stehen (118b). Der obere Teil der mediastinalen Pleura ist über zellreiches Bindegewebe mit der Aorta, den großen Gefäßen und dem Oesophagus fest verbunden. Andere, retrocardial gelegene Abschnitte sind durch ihre enge Beziehung zum pulsierenden Herzen, der atmenden Lunge und dem sich kontrahierenden Zwerchfell einer ständigen Bewegung unterworfen. An der Brustwand ist die Pleura costalis fest mit der Intercostalmuskulatur und den Rippen verwachsen (23).

Von geringerem Interesse sind für uns die Unterschiede in den Peritonealverhältnissen. Denn einmal bieten die Umrisse der Organe des Intestinaltraktes ihrem Füllungs- und Funktionszustand entsprechend jeweils wechselnde Bilder. Andererseits werden, wie noch gezeigt wird, die intraperitoneal injizierten Substanzen vor allem über Lymphwege abgeführt, die intrathoracal verlaufen. Eine Überlagerung mit den Strukturen des Bauchfells muß deshalb weniger befürchtet werden. Auf die Darstellung der anatomischen Gegebenheiten des Abdominalraumes der Ratte kann deshalb verzichtet werden.

2. Abführende Lymphwege der Pleura und des Peritoneum

Pleura und Peritoneum besitzen ein regional unterschiedlich stark entwickeltes, in der Thela subserosa gelegenes Netz aus Lymphkapillaren. Die Struktur dieser Lymphkapillaren, der kleinsten Einheit des Lymphgefäßsystems muß wegen ihrer funktionellen Bedeutung zunächst genauer beschrieben werden.

Bei den Säugern stellen die Lymphkapillaren feine, klappenlose, in der Regel netzförmig angelegte und miteinander anastomosierende Röhrchen dar. Ihr maximaler Querdurchmesser beträgt bei vollständiger Füllung 15-75µm; unter physiologischen Bedingungen ist ihr Lumen meist spaltförmig eingengt (22c). Sie bestehen aus einer Lage dünner Endothelzellen mit längsgerichteten ovalen Kernen. Das Cytoplasma dieser Endothelzellen ist, abgesehen von der perinukleären Region, so stark verdünnt, daß die Dicke der Kapillarwand stellenweise nur 0,1 µm beträgt und unter Umständen nur von einem einzigen cytoplasmatischen Vesicel eingenommen wird (147). Es enthält die üblichen Zellorganellen, ist reich an saurer Phosphatase (80, 128) und besitzt darüber hinaus cytoplasmatische Filamente, denen eine gewisse kontraktile Funktion zukommen könnte (70).

Die Zellverbindungen des Endothels weisen eine erhebliche Formvariation auf. Fingerförmige Verzahnungen, Überlappungen oder das einfache aneinanderliegen benachbarter Zellen kommen vor (70). Die Interzellularspalten sind durchschnittlich 100 nm, z.T. auch einige Mikrometer breit und würden damit die interzelluläre Passage von größeren Partikeln und Zellen gestatten (70). In ihrem Verlauf finden sich jedoch nahezu regelmäßig umschriebene Bezirke, in denen sich die Zellgrenzen unter Verdichtung ihrer cytoplasmatischen Membran auf 1 bis 4 nm einander nähern (Zonulae adhaerentes), stellenweise auch berühren (Zonulae occludentes) (56, 71b).

Einige Interzellularspalten weisen jedoch keine derartige Einrichtungen auf. Diese "offenen" Verbindungen nehmen in "aktiven Regionen", d.h. in Regionen mit verstärkter Lymph-

bildung oder nach geringsten Gewebsverletzungen an Zahl ganz erheblich zu (71b, 72). Dies wird dadurch ermöglicht, daß die abluminale Seite der Lymphkapillarwand anstelle einer durchgehenden Basalmembran Zellfortsätze und Filamente aufweist, über die sie mit dem umgebenden Bindegewebe fest verankert ist. Bei einer Druckerhöhung im Bindegewebe, z.B. durch eine interstitielle Flüssigkeitsvermehrung, kommt es durch Zug an den Filamenten zu einer Erweiterung der Lymphkapillaren und zu einer Öffnung ihrer Interzellularspalten. In Anpassung an die jeweiligen Erfordernisse werden damit die Voraussetzungen für eine verstärkte Aufnahme von Substanzen aus dem Interstitium in die Lymphkapillaren geschaffen (22c, 70, 72).

An der Unterseite des Zwerchfells treten die Lymphkapillaren mit lakunenartigen Ausbuchtungen sehr dicht unter das Mesothel und stehen damit in enger räumlicher Beziehung zum Peritonealraum (42, 54, 77). Durch die atemabhängigen Bewegungen der Zwerchfells unterliegen diese Lakunen einem ständigen Wechsel von Zug und Druck. In Analogie zur Funktion der Lymphkapillaren an anderer Stelle wurde für sie folgende Vorstellung entwickelt: Die interzellulären Verbindungen der Lakunen werden bei der Dehnung des Zwerchfells geöffnet und gestatten Flüssigkeiten und Makromolekülen den Einstrom in das Kapillarlumen. Bei der nachfolgenden Kompression durch die Anspannung des Zwerchfells während der Inspiration nähern sich die Endothelzellen wieder stark und überlappen sich. In dieser Bewegungsphase werden zumindest Makromoleküle durch die nun geschlossenen Zellverbindungen am Wiederaustritt in das umgebende Gewebe gehindert, während gleichzeitig die Lymphe in die postkapillären Gefäße weitergepreßt wird (2, 22c, 42, 123a).

Die Lymphkapillaren münden in LG, die definitionsgemäß Klappen tragen. Von örtlichen Variationen abgesehen, nimmt die Wand der LG mit dem Gefäßkaliber an Dicke zu. Kleinere Gefäße besitzen lediglich ein adventitielles Hüllgewebe, in größeren ist eine dünne Media aus zarten Muskelfasern nachweisbar. Die größeren Lymphstämme

zeigen schließlich einen typischen dreischichtigen Wandaufbau aus Adventitia, Media und Intima (15) und führen die gesammelte Lymphe dem Blutgefäßsystem über die Venenwinkel wieder zu. Lympho-venöse Verbindungen kommen auch noch an anderen Stellen vor, sind jedoch unter physiologischen Bedingungen von untergeordneter Bedeutung (40, 147).

Zwischen Lymphkapillaren und Hauptlymphstamm durchläuft die Lymphe in der Regel einen oder mehrere LK. Sie sind den LG zwischengeschaltet und besitzen für jedes Organ oder Gebiet eine typische Lage. Bei zahlreichen Erkrankungen werden sie in charakteristischer Weise verändert oder in das krankhafte Geschehen mit einbezogen. Als Teil des reticulo-histiocytären Systems sind ihre Zellen zur Phagocytose und Speicherung verschiedener Stoffe fähig. Daher bleiben bestimmte Kontrastmittel und Farbstoffe auch dann noch in ihnen nachweisbar, wenn sie aus dem übrigen Lymphgefäßsystem bereits eliminiert wurden. Aus diesen Gründen stehen die LK bei Untersuchungen des lymphatischen Systems besonders stark im Blickpunkt.

Pleura pulmonalis

Die Pleura pulmonalis besitzt im Stratum subpleurale (47) ein dichtes Maschenwerk aus Lymphkapillaren, das als oberflächliches Lymphnetz der Lunge dem tiefer liegenden Netz des Lungenparenchyms gegenübergestellt wird. Die Verbindung zwischen den beiden Systemen erfolgt durch Gefäße, die im interlobulären und intersegmentalen Bindegewebe verlaufen und Anschluß an die bronchialen und perivasalen LG haben (50). Diese wiederum folgen ihren Leitgebilden bis zum Lungenhilus, anastomosieren untereinander und werden erst an der Teilungsstelle der Lappenbronchi durch Zwischengeschaltete Lymphonodi (Lnn.) bronchopulmonales unterbrochen (47). Ein Teil der pleuralen Lymphe wird auf diesem Weg abgeführt (41, 123b). Eine andere Abflußmöglichkeit stellen die kurzen, subpleural verlaufenden Lymphstämmchen dar, die aus dem pleuralen Kapillarnetz gebildet werden und auf der Lungenoberfläche direkt zum Lungenhilus ziehen (53, 88). Gemeinsam mit den Sammelgefäßen aus

dem Lungeninneren münden sie dort in die großen LK an der Bifurkation der Trachea, die Lnn. tracheobronchiales. Von den beiden Unterlappen sollen außerdem Verbindungen über LK auf dem Ligamentum pulmonale zu den LK auf den Zwerchfellpfeilern und entlang der Vasa lienalia bestehen (41).

Aus dem Lungenhilus erfolgt der weitere Lymphabfluß über die Ln. paratracheales nach kranial in die Trunci bronchomediastinales, die auf jeder Seite meist doppelt angelegt sind. Die ventral gelegenen Stämme vereinigen sich mit den Gefäßen aus den vorderen Mediastinalknoten, den Trunci mammarii, gelegentlich auch mit dem Truncus subclavius und münden in die Venenwinkel ihrer Seite ein. Der hintere rechte Truncus bronchomediastinalis zieht zum Truncus lymphaticus dexter, der entsprechende Lymphstamm der linken Seite zum Ductus thoracicus (47).

Pleura costalis

An der Pleura costalis findet sich im Bereich der Inter-costalmuskulatur und des M. sternocostalis ein weitmaschiger kapillarer Lymphplexus, (9) der zum Teil sehr oberflächlich unter der Pleuramesothel, zum Teil auch in den tieferen Schichten der Tela subserosa und in der Muskulatur gelegen ist. (47) Sammelgefäße, in die sich diese Netze entleeren, verlaufen parallel den Rippenrändern (9) und führen die Lymphe in verschiedene Richtungen ab: Aus der Pleurakuppel in die tiefen Hals- und Jugularislymphknoten, aus den vorderen Pleuraanteilen bis etwa zur mittleren Axialarlinie in die Lymphbahnen entlang der Vasa mammaria und in die dort gelegenen Lnn. sternales, aus den hinteren Pleuraanteilen in die Lnn. intercostales in der Nähe der Rippenköpfchen. (114) Außerdem bestehen über LG, die die Brustwand durchsetzen, Verbindungen zu den Lnn. axillares. (94, 114)

Die Lnn. sternales erhalten auch Zuflüsse aus dem vorderen Mediastinum, dem Zwerchfell, der oberen Leberfläche, den Mammæ sowie von Muskulatur und Peritoneum der vorderen Bauchwand. (114) Der Mammariabahn schließen sich medial Lymphstämme aus dem Thymus und dem rechten Herzen an, die

in den oberen Lnn. mediastinales unterbrochen werden (114). So entstehen zwei breite Lymphstraßen, die in die tiefen unteren Hals-LK einmünden und danach rechts in den Truncus lymphaticus dexter, links in den Ductus thoracicus eintreten. Sie stehen hinter dem Manubrium sterni durch Anastomosen in Verbindung. Ein Teil der abführenden Lymphbahnen aus dem hinteren Pleurabereich durchsetzt auf ihrem Weg über die Lnn. intercostales zum Ductus thoracicus LK im hinteren Mediastinum, die auch Lymphe vom Ösophagus und den Lungen erhalten (114).

Pleurale Fläche des Zwerchfells

Die thoracale Fläche des Zwerchfells wird von einem Netz aus LG und Lymphkapillaren überzogen, das im Bereich des Centrum tendineum nur zart und spärlich, über der pars muscularis dagegen gröber und dichter angelegt ist (9). Es anastomosiert mit den Gefäßen der peritonealen Seite (53, 54) und wird über drei große LK-Gruppen abgeleitet (nach Bartels (9), Jossifow (53) und Rouvière (114)): Aus dem ventralen Gebiet des Diaphragmas sammelt sich die Lymphe in den Lnn. sternales (Lnn. diaphragmaticae laterales nach Bartels) über der Larrey'schen Spalte nahe dem Ansatz des 7. Rippenknorpels (Ganglions prepericardiques lateraux nach Rouvière). Die Gefäße der mittleren und seitlichen Zwerchfellteile münden in LK entlang der Nn. phrenici (114). Die abführenden LG aus dem hinteren Zwerchfellbereich durchsetzen das Zwerchfell und ziehen zu abdominellen LK um den Ösophagus, die obere Bauchaorta und die Vasa phrenicae inferiores (114). Verbindungen zu LK am Magen und um die A. coeliaca sollen bestehen (124X). Ein (wahrscheinlich geringer) Teil der Lymphe aus den dorsalen Gebieten des Zwerchfells wird über die unteren Lnn. mediastinales posteriores abgeführt (9, 53, 114). Außerdem wurden Sammelgefäße beschrieben, die von den Zwerchfellpfeilern direkt zum Ductus thoracicus führen und häufig ohne Unterbrechung durch einen LK in diesen einmünden (33).

Mediastinum

Die LK entlang der Nn. phrenici, um den Oesophagus und die Aorta, die oben als die Sammelstellen der Zwerchfelllymphe beschrieben sind, werden durch ihre topographische Beziehung dem LG-System des Mediastinums zugeordnet. Im vorderen Teil der Brusthöhle liegen sie als Lnn. mediastinales anteriores vor den großen Gefäßen und bilden mit ihren Vasa afferentes und efferentes je eine unregelmäßige Knotenkette, die dem Verlauf der Nn. phrenici vom Zwerchfell bis zum Thymus mehr oder minder genau folgt. (114) In Höhe der Vena brachiocephalica anastomosieren sie miteinander und münden entweder in den linken bzw. in den rechten Venenwinkel oder in einen der großen terminalen Lymphstämme des Körpers. (114) Ihre Zuflüsse erhalten die vorderen mediastinalen LK von der Pleura des Mediastinums, dem Pericard und Herzen, teilweise auch aus den Lungen und vor allem, wie bereits erwähnt vom Zwerchfell. (114)

Aus diesen Gebieten und dem Oesophagus kommt auch die Lymphe der Lnn. mediastinales posteriores, die mit 8-12 großen Knoten um die Aorta und die Speiseröhre liegen. (9) Die untere Gruppe dieser Knoten auf der Oberfläche des Diaphragmas erhält außerdem Zuflüsse von den LG der Leber und besitzt Verbindungen zu den Knoten entlang der oberen Bauchaorta und des vorderen, unteren Mediastinums. (114) Die Vasa efferentes der Lnn. mediastinales posteriores münden nach Rouviere (114) zum kleineren Teil in den Ductus thoracicus und zum größeren Teil in die hilären LK, die von Jossifow (53) entsprechend ihrer Lage ebenfalls dem hinteren Mediastinum zugeordnet werden. Sie münden ihrerseits über eigene Lymphstämme in die großen Gefäße des Venenwinkels ein.

Peritoneum

Auch das Peritoneum besitzt ein subseröses Lymphkapillarnetz. Regional unterschiedlich entwickelt, ist es vor allem über

der Pars muscularis des Zwerchfells gut ausgebildet. (114) Hier tritt es mit sack- und lakunenartigen Ausbuchtungen sehr dicht unter das Mesothel. (2, 77, 54) Das Lymphgefäßnetz an der Unterseite des Zwerchfells gleicht im übrigen dem an der thoracalen Fläche des Diaphragmas, mit dem es über zahlreiche Vasa perforantes anastomosiert. (114, 53) Diese Anastomosen stellen einen wichtigen Abflußweg der subdiaphragmalen Lymphe dar.: Sie entleert sich zunächst in die subpleuralen Gefäße des Zwerchfells und wird von dort über die bereits beschriebenen tributären LK dieses Netzes weitergeleitet. (9) Eine weitere Abflußmöglichkeit besteht über Sammelgefäße, die in Nachbarschaft der Aa. phrenicae inferiores rechts zu wenigen LK an den hinteren unteren Zwerchfellpartien ziehen. Links werden sie von je einem praeoesophagealen und juxtaaortalen LK aufgenommen. (114)

Die visceralen Anteile des Peritoneums stehen an vielen Stellen mit den LG der Bauchorgane in Beziehung. Ein ungewöhnlich stark ausgeprägtes oberflächliches Gefäß- und Kapillarnetz findet sich in der Leber. Es verläuft in der Leberkapsel unter der Serosa und steht mit den tiefen Lymphwegen des interlobulären Bindegewebes über zahlreiche Anastomosen in Verbindung. Die Sammelgefäße dieses oberflächlichen Lymphnetzes ziehen in verschiedene Richtungen. Von der Facies diaphragmatica wird ein Teil der Lymphe zu den retrosternalen und mediastinalen LK, ein anderer Teil zu den Lnn. hepaticae am Leberhilus und den Lnn. pancreatico-lienalis abgeleitet. (114) Die beiden letztgenannten Knotengruppen erhalten auch Zuflüsse von der Unterseite der Leber, die ihre Lymphe außerdem an aortale und an cardianahe LK abgibt. (9)

Die oberflächlichen LG der übrigen Bauchorgane werden im allgemeinen zusammen mit den tiefer gelegenen Lymphbahnen der betreffenden Organe abgeleitet. In der Regel geschieht das durch weitzaliberige Lymphstämme, die entlang der großen Eingeweidegefäße verlaufen. Dort liegen auch die Knotengruppen, die von der Lymphe auf ihrem Weg zum Ductus thoracicus durchlaufen werden. Die wichtigsten sollen im folgenden kurz aufgezählt werden (nach Bennighoff-Goertler (11), Pernkopf E. (106a, b), Sobotta-Becher (124):

1. Lnn. iliaci. Sie folgen den vasa iliaca externa und übernehmen hauptsächlich die Lymphe der Leistenknoten, dazu einige tiefe Lymphgefäße der Bauch- und Beckenwand.
2. Lnn. iliaci interni. Man findet sie entlang der gleichnamigen Gefäße oder in unmittelbarer Nähe von Harnblase, Uterus und Vagina. Ihre Lymphe stammt jedoch nur zum kleinen Teil von diesen Organen. Der größere Teil kommt aus der tiefen Oberschenkel- und Beckenmuskulatur sowie vom Damm und dem äußeren Genitale.
3. Lnn. lumbales. Sie liegen mit 20-30 Knoten um den kaudalen Abschnitt der Bauchaorta und in der Gegend ihrer Teilungsstelle. Ihre Lymphe erhalten sie aus den Knoten der Gruppen 1 und 2, denen sie sich nach kranial ohne scharfe Grenze anschließen. Über direkte Zuflüsse empfangen sie außerdem die Lymphe von Nieren und Nebennieren, Keimdrüsen und Eileiter. Die vasa efferentia der Lnn. lumbales vereinigen sich zu wenigen großkalibrigen Gefäßen und bilden so den linken und rechten Truncus lumbalis.
4. Lnn. mesenterici. Sie stellen die größte Ansammlung von LK im menschlichen Körper dar und nehmen die Lymphe von Dünndarm, Coecum und Wurmfortsatz auf.
5. Lnn. mesenterici inferiores, ileocolici, colici dextri, colici medii et colici sinistri. Sie liegen unregelmäßig verstreut an den Umschlagstellen des Peritoneums auf die betreffenden Dickdarmanteile, deren Lymphe sie sammeln.
6. Lnn. gastrici dextri et sinistri. Sie liegen an der kleinen und großen Kurvatur des Magens und haben Verbindung zu den Knoten der Gruppe 7.
7. Lnn. pancreaticolienales. Sie bilden eine Knotenkette, die vom Milzhilus entlang der Vasa lienalia zieht und Lymphe aus Milz, Pankreas, Duodenum und Gallenblase erhält.

8. Lnn. coeliaci. Mit den abführenden Gefäßen der Gruppen 4-8 bilden sie ein Geflecht um den Truncus coeliacus. Sie nehmen die Lymphe aus dem Verdauungstrakt und seiner großen Drüsen auf. Aus ihren Vasa efferentia geht der Truncus intestinalis hervor, der entweder direkt in den Ductus thoracicus oder in einen der beiden Trunci lumbales mündet. (119)

Die großen Lymphstämme

Der Ductus thoracicus beginnt mit der Vereinigung der Trunci lumbales und des Truncus intestinalis in der Cisterna chyli in Höhe des elften Brust- bis zweiten Lendenwirbelkörpers. (53) Er durchsetzt den Hiatus aorticus und zieht im hinteren Mediastinum entlang der Wirbelsäule nach oben, wobei er zunächst rechts von der Aorta, dann hinter ihr liegt. Zwischen der A. subclavia und dem Oesophagus verläßt er die Brusthöhle durch deren obere Apertur, durchzieht bogenförmig das Triangulum subclaviae und mündet im linken Angulus venosus in das Venensystem. (53)

Dieser grob skizzierte Verlauf ist reich an Variationen, die nicht nur die Lage, sondern auch die Form dieses Gefäßes betreffen. Die Cisterna chyli kann konisch, spindel-, ampullen- oder perlkettenartig aufgebaut sein und fehlt in einem größeren Prozentsatz aller Fälle ganz. (53, 119) Statt dessen findet sich dann häufig ein breites, geflechtartiges Anfangsstück oder eine ampullenartige Erweiterung der Trunci lumbales. (53) Im thoracalen Teil des ductus thoracicus sind Rechtslage, Doppel- und Inselbildungen möglich, die sich aus der ursprünglich paarigen Anlage dieses Gefäßes erklären lassen. (9) Schließlich teilt sich der obere Abschnitt meist in zwei oder mehrere Äste auf, die vor der Einmündung in den Venenwinkel wieder zusammenfließen oder voneinander getrennt in den Angulus venosus und die Vena jugularis, selten auch in die Vena subclavia und die Vena anonyma einmünden. (53, 119)

Auf seinem Weg durch den Thoraxraum nimmt der Ductus thoracicus zahlreiche kleinere Lymphstämmchen aus der Brustwand, dem Herzen und dem hinteren Mediastinum auf. Größere Gefäße, die am cervicalen Abschnitt einmünden, sind der Truncus bronchomediastinalis sinister, der Truncus subclavius sinister und der Truncus jugularis sinister. Die entsprechenden großen Lymphstämme der rechten Seite endigen voneinander getrennt im Angulus venosus oder vereinigen sich vor ihrer Einmündung in einem ca. 1,5 cm langen Sammelgefäß, dem Truncus lymphaticus dexter. (9, 119)

Lymphgefäße und Lymphknoten der Ratte

Das Lymphsystem der Ratte unterscheidet sich nicht grundlegend von dem des Menschen und der größeren Säugetiere. Einige artspezifische Besonderheiten müssen jedoch hervorgehoben werden. Die Zahl der LK ist bedeutend geringer. Die mediastinalen und sternalen LK liegen weiter cranial in Höhe der oberen Thoraxapertur. Retrosternale LK kommen offenbar nicht vor. Im Bereich des Abdomens erreichen die Lnn. lumbales, Lnn. renales und die Knoten an der Mesenterialwurzel des Dünndarms Reiskorngröße. Sie konnten von uns an der eröffneten Bauchhöhle meist mit bloßem Auge erkannt werden. Ein weiterer, relativ großer Knoten liegt im Fettgewebsspolster der Kniefalte jeder Seite. Von ihm zieht in der lateralen Bauchwand ein Lymphgang vom Kaliber des Ductus thoracicus zu einem LK in der Axille. In der Nomenklatur von Miotti (90) werden sie als Ln. subilicus, Ductus thoracicus lateralis und Ln. axillaris proprius bezeichnet. Die Parallelen, die dennoch zwischen dem Lymphsystem der Ratte und des Menschen bestehen, werden aus folgendem ausführlichen Zitat dieses Autors ersichtlich:

"Bei intraperitonealer Injektion von verdünnter Tusche zeigt es sich, daß besonders das Diaphragma, das Omentum, die Lig. falciforme und hepato-gastricum die Fähigkeit haben, den Farbstoff aufzunehmen und in feinen Haargefäßen über den Tractus parasternalis zu den Lnn. sternales und dann zu den

Lnn. mediastinales ant., resp. direkt zu den Lnn. cisternales und Lnn. gastro-duodeno-pancreatici zu führen. Das Rete lymphaticum diaphragmatis hat drei Abflußrichtungen:

1. die oben erwähnte, 2. die Abflußrichtung über die Tr. praevertebrales zu den Lnn. mediastinales post. und 3. zu den Lnn. cisternales. Die Lymphe der ventralen und seitlichen Bauchdecken mündet in die Tr. parasternales. Die Vasa eff. der Lnn. mediastinales ant. und post. münden geflechtartig in den Ductus thoracicus, rechts über einen gemeinsamen großkalibrigen Hauptsammelstamm, den Tr. lymphaceus dexter in den Truncus subclavius dexter.

Im Hypogastrium fließt die Lymphe der Bauchdecken und Ileopsoasregion z.T. in die Lnn. Lumbales und Lnn. iliaci lat., z.T. in die Lnn. inguinales und Lnn. subilici. Die Lnn. cisternales erhalten durch feine Vasa aff. die Lymphe vom neunten Intercostalraum an abwärts sowie aus dem Omentum und dem retroperitonealen Gebiete aus dem Ileopsoas." (90)

III. Resorptives Verhalten von Pleura und Peritoneum

1a) Resorption und Transport gut diffusibler wässriger Lösungen

Die Resorption von wässrigen Lösungen aus den serösen Höhlen ist seit langem bekannt. Bereits die ersten diesbezüglichen Untersuchungen schienen genügend Hinweise zu bieten, daß ihre Aufnahme vor allem durch die Blutkapillaren erfolgt.

So hatten Starling und Tuby (132) schon 1894 beobachtet, daß nach der Injektion von Indigokarmin und Methylenblau in die Pleura- und Peritonealhöhle der Farbstoff stets früher im Harn als in der Lymphe des Ductus thoracicus erschien. Wenig später konnte Orlow (102) zeigen, daß nach der Injektion einer hypertonen Lösung die Flüssigkeit in der Bauchhöhle durch Wassereinströmung an Volumen zunimmt, während aus hypotonen Lösungen zunächst vor allem Wasser resorbiert wird, bis in beiden Fällen eine dem Blutplasma isotone Lösung entsteht. Das war im Hinblick auf den unveränderten Lymphfluß nur dadurch erklärlich, daß ein Flüssigkeitsausgleich der eingebrachten Lösungen mit dem Blutplasma erfolgte.

In der Folgezeit wurde nachgewiesen, daß die gut diffusiblen Bestandteile des Plasmas und der intracavitär injizierten Lösungen in beide Richtungen miteinander ausgetauscht, ihre Konzentrationsunterschiede damit vermindert oder aufgehoben werden. (120) Sehr rasch vollzieht sich dieser Austausch mit Elektrolyten, während schon das noch verhältnismäßig kleine Glucosemolekül merklich langsamer durch die Mesothelmembran dringt. (5a, 112, 143) Auch Plasmaproteine erscheinen in der injizierten Lösung doch erfolgt ihr Einstrom so langsam, daß die Resorption in der Regel beendet ist, bevor ein konstanter Eiweißspiegel erreicht ist. (27b, c)

In der Phase des Konzentrationsausgleiches vollzieht sich der Transfer zwischen Plasmaraum und seröser Höhle nach den Gesetzen der Diffusion. (5a, b, c, 14)

Die Menge einer Substanz, die pro Zeiteinheit von einer Seite unserer komplexen Membran, bestehend aus Mesothelzellschicht, Bindegewebe und Kapillarwand, auf die andere übertritt ist deshalb abhängig vom Diffusionskoeffizienten der Substanz in freier Lösung, ihrem Konzentrationsgradienten und von Eigenschaften der Membran. *

In Anlehnung an Pappenheimers (104, 105) Porentheorie zur Charakterisierung der Blutkapillarwand wurde versucht, mit Hilfe der Theorie der eingeschränkten Diffusion und des Molekularsiebens die Membraneigenschaften der Auskleidung der serösen Höhlen zu bestimmen. Aufgrund von Untersuchungen am isolierten Hundemesenterium berechneten Nagel und Kuschinsky (96) die für die Diffusion von Wasser und wasserlöslichen Substanzen (NaCl, Inulin, Harnstoff) zur Verfügung stehende Porenteilfläche mit 30% bezogen auf das gesamte Mesenterium und mit 4% bezogen lediglich auf die mesotheliale Deckzellschicht unter Aussparung des submesothelialen Bindegewebes. Der Porenradius wurde nach Diffusionspermeabilität und hydraulischer Leitfähigkeit für Wasser mit $0,575\mu$ berechnet. Es zeigte sich, daß unter den gegebenen Versuchsbedingungen das isolierte Mesenterium auch für Substanzen der Größenordnung des Dextrans mit einem Molekulargewicht von 500 000 kein Diffusionshindernis darstellt.

* Das erste Fick'sche Diffusionsgesetz besagt, daß die Menge einer Substanz, die pro Zeiteinheit von einer Seite einer Membran auf die andere übertritt, proportional ist dem Diffusionskoeffizienten (D) dieser Substanz in freier Lösung, der Querschnittsfläche (F), durch die die Substanz diffundieren kann und dem Konzentrationsgradienten (ΔC) pro Membrandicke (Δx).

$$\frac{dn}{dt} = D \cdot F \cdot \frac{\Delta C}{\Delta x}$$

Der Diffusionskoeffizient ist seinerseits eine Funktion des Molekulargewichtes der gelösten Substanz und dessen quadratischen Wurzel etwa umgekehrt proportional. (44)

Durch die Messung der peritonealen Plasmaclearance von Serumalbumin beim Kaninchen in Abhängigkeit von der peritonealen Filtrationsrate fand dagegen Aune rechnerisch einen Porenradius von $120 \text{ \AA}$ unter der Voraussetzung, daß die Poren eine zylindrische Form aufweisen und daß ein Drittel der Fläche, die für den Durchtritt von Wasser zur Verfügung steht auch für Serumalbumin passierbar ist. (5b) Aune konnte auch nachweisen, daß Inulin und RISA zwar unbehindert von der Peritonealmembran aus dem Plasma in die Peritonealhöhle übertreten, von dort aber langsam resorbiert und dabei offenbar von LG aufgenommen werden. Als Ursache dieser funktionellen Asymmetrie des transperitonealen Stoffaustausches wurde der Lösungsmittelsog (solvent drag) im Rahmen der hydrodynamischen Flüssigkeitsproduktion des Peritoneums vermutet. (5c)

Nach der bereits zitierten Untersuchung von Nagel und Kuschinsky (96) wird durch die Mesothelzellschicht der Durchtritt wässriger Lösungen praktisch nicht behindert. Auch das lockere submesotheliale BG stellt kein nennenswertes Passagehindernis dar. Die limitierende Teilmembran zwischen Plasmaraum und Pleura- bzw. Peritonealraum muß die Blutkapillarwand sein (96). Gut diffusible, wässrige, intracavitär injizierte Lösungen treten damit, weitgehend unbehindert durch Mesotheldeckschicht und submesotheliales Bindegewebe, in eine enge funktionelle Beziehung zur terminalen Blutstrombahn. Bei ihrer Resorption gelten deshalb im wesentlichen dieselben Determinanten, denen auch die Austauschvorgänge und funktionellen Wechselbeziehungen zwischen Blutkapillaren, Interstitium und Lymphkapillaren unterliegen.

1b) Resorption und Transport von korpuskulären Stoffen

Die Untersuchungen über Aufnahme und Transport korpuskulärer Stoffe aus den serösen Höhlen bereiteten vergleichs-

weise geringe methodische Probleme. Meist wurden Substanzen verwendet, die gut sichtbar waren und im Verlauf eines Versuches ohne Mühe verfolgt werden konnten. Die einschlägige Literatur weist daher vor allem zahlreiche ältere Veröffentlichungen auf. In ihnen wird über eine rasche Aufnahme derartiger Substanzen durch die Lymphkapillaren berichtet.

So beschreibt von Recklinghausen schon 1863 (108) nach der Injektion von Milch in die Peritonealhöhle eines Kaninchens Milchkügelchen, die in den Lymphgefäßen des Zwerchfells wandern. Nach seinen Beobachtungen wird jedoch nicht nur Milch in die Lymphbahnen aufgenommen, "sondern auch solche wässrigen und öligen Flüssigkeiten, welche kleine Theilchen, seien sie in ihrer Form veränderlich (Milchkügelchen, Blutzellen) oder unveränderlich (Zinnober, Tusche, Kobalt) suspendiert enthalten".

Muskatello (95) und Walter (142) fanden nach der Injektion partikulärer Körperchen in die serösen Höhlen die eingebrachten Substanzen in bestimmten LG und den dazugehörigen LK der Versuchstiere gespeichert.

Bezüglich der Resorptionsgeschwindigkeit stellte Fleiner (37) fest, daß "in einer Zeit von wenigen Minuten Tusche und rote Blutkörperchen aus der Pleurahöhle aufgenommen und in den Lymphbahnen der Pleura weitertransportiert oder in deren lymphatischen Apparaten und regionären Lymphknoten abgelagert werden". Ebenso schnell vollzieht sich nach Mac Callum (77) und Florey (38) die Resorption aus der Peritonealhöhle. Tusche und Hydrokollag 300 (eine stabile Suspension sehr feiner Graphit-Partikel) konnten schon 5 Minuten nach der intraabdominellen Injektion in LG und LK des Mediastinums nachgewiesen werden.

Kirchmair (62) und Burke (19) haben die Ergebnisse dieser älteren Arbeiten noch einmal überprüft, z.T. in der Absicht, die ableitenden LG und tributären LK des Peritoneums und der Pleura zu bestimmen.

Bei den Untersuchungen von Kirchmair fanden sich Tusche und Sole verschiedener fett-, jedoch nicht wasserlöslicher Farbstoffe, die in die Bauchhöhle von Meerschweinchen, Kaninchen und eines moribunden Kindes eingebracht wurden, später in verschiedenen LK des Bauchraumes und an der Unterseite des Zwerchfells. Mit "absoluter Regelmäßigkeit" waren die retrosternalen und supraclaviculären, in geringerem Maße auch die perihilären, peribronchialen und paratrachealen LK mit den injizierten Stoffen angefüllt. Die angeführten Substanzen wurden gleichfalls aus der Pleurahöhle von Meerschweinchen und Ratten aufgenommen und schon nach wenigen Minuten in beinahe denselben LK abgelagert, die sich aus bei den Resorptionsversuchen aus der Bauchhöhle angefüllt hatten. (62)

Vergleichbare Ergebnisse erhielt Burke bei analogen Untersuchungen am Pleuraspalt von Meerschweinchen mit Ruß und jellewers rouge (Fe_2O_3 und kolloidales Eisen), doch hat er lediglich die LK an der Unterseite des Zwerchfells neben der Aorta und an der Hinterfläche des Sternums als tributär für die Pleura ermittelt. (19)

Die Resorption von roten Blutkörperchen aus den serösen Höhlen wurde bereits erwähnt. Den Nachweis ihrer Aufnahme und ihres Transportes durch Lymphkapillaren und LG konnten Courtice und Mitarbeiter (25) führen. Sie kanülierten den Ductus thoracicus und Truncus lymphaticus dexter einer Katze und injizierten anschließend 10 ml Blut pro kg/KG in die Peritonealhöhle des Tieres. Schon nach kurzer Zeit nahm die Erythrocytenkonzentration in der abgeleiteten Lymphe so sehr zu, daß die anfänglich klare Lymphe wie Blut aussah. Rochlin et al. (113) gelang der Beweis, daß die Aufnahme ausschließlich durch das LG-System erfolgt. Sie fanden, daß nach Unterbindung aller ableitenden LG aus dem Peritoneum, die intraperitoneal injizierten und isotonenmarkierten Erythrocyten im Blutkreislauf nicht erscheinen,

während bei einer Vergleichsgruppe unpräparierter Tiere 70 % des injizierten Blutvolumens innerhalb von 48 Stunden im Blutstrom der Tiere gefunden wurde.

Die Angaben Rochlins über die Dauer und den Umfang der Resorption bei den Tieren der Kontrollgruppe stimmen gut mit den Ergebnissen anderer Untersucher überein, die in der Mehrzahl eine durchschnittliche Resorptionsgeschwindigkeit von 1-4 Tagen für 60-90 % der injizierten Blutmengen ermittelten. Zwar fanden Florey und Witts (39), daß 6 Stunden nach einer intraabdominellen Injektion lediglich 1/16 der eingeführten Erythrocyten aus der Bauchhöhle von Hunden resorbiert worden war. Auch Remmele und Brodersen (110) geben die peritoneale Resorption roter Blutkörperchen bei der Katze mit 10,8 % nach 24 Stunden als sehr niedrig an. Nach den Untersuchungen der Arbeitsgruppe um Courtice (25, 93a) vollzieht sich die Aufnahme homologer und heterologer Erythrocyten jedoch rascher. Sie injizierten in die Bauchhöhle verschiedener Tiere 20 ml Blut pro kg/KG und beobachteten, daß es in 1-3 Tagen wieder restlos aus dem Peritoneum verschwand. Ähnliche Ergebnisse erhielt auch Mc Kee u. Stewart (85) sowie Bradford u. Johnson (16), die mit ^{59}Fe markierten Erythrocyten arbeiteten und aus dem Anstieg der Blutaktivität auf das Ausmaß der Resorption schlossen. Sie wurde von den erstgenannten Autoren nach 72 Stunden mit 70%, von den letztgenannten nach 24 Stunden mit 60% angegeben. Ebenso rasch erfolgt nach den eben zitierten Mitteilungen von Bradford und Johnson die Absorption von Blut aus dem Pleuraspalt. Auch Wilson et al. (145) stellten fest, daß in physiologischer Kochsalzlösung suspendierte Erythrocyten 30 Stunden nach der Injektion in den Pleuraraum eines Hundes zu 68% in der peripheren Blutbahn erscheinen. Wurden 30% des gesamten Blutvolumens über eine Kanüle aus der Vena femoralis in den Pleuraraum geleitet und mit ^{51}Cr markierten Erythrocyten vermischt, so waren nach 90 Stunden immerhin 61% der markierten Zellen im Blutkreislauf des Tieres nachweisbar (145). Noch schneller

vollzieht sich die pleurale Resorption nach einer Mitteilung von Courtice und Morris (26). Nach den Beobachtungen dieser Autoren, die ihre Versuche an Ratten durchführten, werden 70% der injizierten und mit p^{32} markierten Erythrocyten in 5 Stunden von den Lymphgefäßen aufgenommen und über den Venenwinkel dem Blutstrom wieder zugeführt.

Die genannten Untersuchungen legen die Vermutung nahe, daß die Resorption bei den verschiedenen Tierarten mit unterschiedlicher Geschwindigkeit verläuft. Beim Vergleich der vorliegenden Ergebnisse muß jedoch berücksichtigt werden, daß die injizierten Blutmengen und sonstigen Versuchsbedingungen so unterschiedlich waren, daß eine diesbezügliche Beurteilung nur schwer möglich erscheint. Immerhin lassen auch die Befunde von Courtice, Hording und Steinberg (25) auf eine raschere Resorption der roten Blutkörperchen bei der Ratte als bei anderen Tieren schließen. Sie fanden, daß bei gleichen Voraussetzungen die Aufnahme von 20 ml Blut pro kg/KG durch das Peritoneum der Ratte im Durchschnitt in 24 Stunden stattfindet, während Meerschweinchen 72 Stunden dazu benötigen. Allerdings erfährt die Aussagekraft dieser Angaben dadurch eine gewisse Einschränkung, daß die Resorptionsgeschwindigkeiten auch bei derselben Tierart sehr unterschiedlich waren und daß Mauss und Künkel (81) unter ähnlichen Verhältnissen das Wiederauftreten von 90% der intraperitoneal injizierten Erythrocyten im peripheren Blut erst nach 5 Tagen beobachtete.

Obwohl die vorliegende Literatur z.T. sehr widersprüchliche Angaben über die Resorptionszeit enthält, besteht doch Einigkeit darüber, daß die roten Blutkörperchen unverändert und intakt aufgenommen werden und die Passage durch die Mesothelmembran ihre Lebensdauer nicht signifikant vermindert. (81, 85, 145)

Dieser Umstand wurde sehr bald dazu benutzt, um in Fällen, bei denen eine intravasale Blutübertragung aus technischen Gründen nur schwer möglich war, das Blut auf dem Umweg über die peritoneale Resorption zuzuführen. Über ausgezeichnete Erfahrungen mit dieser Methode berichteten Macdougall (78)

und Newman. (97) Niessert (98) ging schließlich so weit, die intraperitoneale Transfusion bei Kindern als die Methode der Wahl zu bezeichnen, nachdem er selbst 800 Eingriffe dieser Art vorgenommen hatte.

Die obere Teilchengröße, bei der eine Resorption durch die Lymphkapillaren eben noch möglich ist, liegt jedoch noch über der von Erythrocyten. Selbst Glas- und Paraffin-Asphalatkügelchen mit einem Durchmesser von $22,5\mu$ die intraperitoneal injiziert wurden, erscheinen in der Lymphe des Zwerchfells (1b). Eine optimale Resorption in diesen Größenbereichen ist allerdings nicht mehr möglich. (3, 42)

1c) Resorption und Transport von Kolloiden

Nach den bisherigen Ausführungen über das resorptive Verhalten der serösen Höhlen kann bereits vermutet werden, daß auch Kolloide, die ja eine bedeutend geringere Teilchengröße als z.B. rote Blutkörperchen aufweisen durch die Pleura und das Peritoneum aufgenommen werden. Das ist umso mehr zu erwarten, als die serösen Höhlen normalerweise eine geringe Flüssigkeitsmenge enthalten, die dem Blutplasma ähnelt und an deren Zusammensetzung Proteine immer beteiligt sind. Der Nachweis, daß auch ihre Resorption durch die Lymphkapillaren erfolgt, war jedoch zunächst schwierig. Erst nachdem es Cortice und Simmonds (26a) gelang, Proteine durch eine feste und quantitative Bindung an den Farbstoff T-1824 zu markieren, war erstmals die Möglichkeit gegeben, diese Stoffe auf ihrem Weg nach der Passage durch das Mesothel weiter zu verfolgen. Die genannten Autoren kanülierten den Ductus thoracicus und Truncus lymphaticus dexter einer Katze, der der Farbstoff-Protein-Komplex in den Pleuraspalt injiziert worden war und fanden, daß der Farbstoff in beiden Lymphwegen auftrat. Da er über den Venenwinkel schließlich in den Blutkreislauf eintrat, konnte er auch hier in zunehmendem Maße nachgewiesen werden. Wurden die Hauptlymphstämme

ligiert oder die gesamte Lymphe mit Hilfe der beiden Kanülen nach außen abgeleitet, so verblieb die Farbstoffkonzentration im Blut auf einem gleichbleibenden, niedrigen Niveau. Eine direkte Aufnahme der Kolloide in Blutgefäße - oder Kapillaren in einem nennenswerten Umfang konnte somit nicht angenommen werden.

Weitgehend identische Verhältnisse ergaben sich bei den Untersuchungen über die Resorption von Proteinen aus dem Peritonealraum. (27a, b, c) Lediglich die Zeit, die für die Elimination einer bestimmten Plasmamenge benötigt wurde, war für die Brust- und Bauchhöhle verschieden. Sie differierte außerdem von Tierart zu Tierart. Courtice und Steinbeck (27c) fanden, daß 20 ml Plasma, die pro kg Körpergewicht intraperitoneal injiziert wurden, von der Ratte in 3-5 Stunden, vom Kaninchen in 8 Stunden und vom Meerschweinchen in 16-24 Stunden aufgenommen wurden. Die peritoneale Resorptionskapazität der untersuchten Tiere ist demnach erstaunlich groß. Sie kann für die Ratte auf maximal 25%, für das Kaninchen auf 10% des kreisenden Plasmavolumens pro 24 Stunden veranschlagt werden. Nicht ganz so hoch, doch immer noch beträchtlich sind auch die Werte, die für den Pleuraraum ermittelt wurden. Für 6 ml Serum pro kg/KG betrug hier die Resorptionsdauer bei der Ratte 8-16 Stunden (64) und beim Kaninchen 24 Stunden. (26a)

In diesem Zusammenhang sind auch noch Untersuchungen zum quantitativen Albumin- bzw. Plasmaproteintransport durch die menschliche Peritoneal- und Pleurawand zu berücksichtigen. Es sei darauf verwiesen, daß die von Schoenberger et al. (129) sowie von Stewart (135) und Leckie (73) angegebene hohe Austauschrate von Albumin zwischen Plasmaraum und Pleura- oder Peritonealhöhle mit einer ausschließlichen Resorption der Albumine durch LG nicht oder nur schwer zu vereinbaren ist. Ihre Befunde sprechen vielmehr für einen transperitonealen bzw. transpleuralen Austausch der Albumine durch Diffusion, entsprechend den Verhältnissen an der terminalen Blutstrombahn, an der Plasmaalbumine in das Inter-

Interstitium und von dort teilweise wieder zurück diffundieren können. Ob dies tatsächlich in dem zu vermutenden Umfang geschieht, ist jedoch fraglich. Unter den Bedingungen der Peritonealdialyse werden von der peritonealen Oberfläche in die Spülflüssigkeit stündlich im Mittel 1,26 g Plasmaproteine, davon etwa 66% Albumine abgegeben. (130) Dieser Wert liegt bereits ganz erheblich unter der von Schönbberger und Mitarbeitern (129) ermittelten peritonealen Albuminaustauschrate von 3,2 g pro Stunde. Die Befunde von Stewart (135) und Leckie (73) zur Albuminelimination aus der Pleurahöhle wurden an Patienten mit Pleuraergüssen bei Entzündungen oder Tumoren gewonnen. Sie sind deshalb nicht auf physiologische Verhältnisse übertragbar. Die mitgeteilten Werte differieren stark und sind zudem in ihrem unteren Bereich mit dem Konzept der Proteinaufnahme durch LG von Courtice und Steinbeck (27a, b, c) in Einklang zu bringen.

Versuche zur indirekten Isotopenlymphographie konnten schließlich zeigen, daß ein für diagnostische Anforderungen relevanter Anteil intrapleural oder intraperitoneal injizierter radioaktiver Kolloide in den tributären LK der serösen Häute gespeichert wird. ¹⁹⁸Au-Kolloid mit einer Partikelgröße von 50 Å wurde nach seiner vollständigen Resorption aus dem Pleuraraum selektiv in den LK des Lungenhilus und des oberen Mediastinums angereichert. (69)

Nach der intraperitonealen Applikation von ¹⁹⁸Au-Kolloid (67, 68) oder ^{99m}Tc-S-Kolloid (4, 45) waren ebenfalls mediastinale LK scintigraphisch darstellbar. Große Mengen von ¹⁹⁸Au-Kolloid wurden auch vom Omentum majus aufgenommen. (67) Die bedeutsame Rolle der LG bei der Aufnahme und dem Transport von Kolloiden aus den serösen Höhlen wurde durch diese Untersuchungen mit modernen Methoden noch einmal unter Beweis gestellt.

1d) Resorption und Transport von Fetten

Die Resorption und der Transport von Fetten aus den serösen Höhlen war bisher offenbar nur ganz vereinzelt Gegenstand experimenteller Untersuchungen. Uns war zu diesem Problem lediglich eine Arbeit von Morris (93b) aus dem Jahre 1956 zugänglich, in der über die Aufnahme von homologem und heterologem Chylus und von emulgiertem Olivenöl aus dem Peritonealraum von Meerschweinchen und Ratten berichtet wird. Obwohl hierbei lediglich die Eliminationsrate der genannten Substanzen überprüft wurde, bestand für den Autor kein Zweifel, daß Chylomikronen und emulgiertes Fett über LG aufgenommen und transportiert werden. Ein anderer Weg ist aufgrund der Resorptionsverhältnisse am Darm und bei der Kenntnis von Aufnahme und Transport korpuskulärer Stoffe und Kolloide aus den serösen Höhlen auch für uns nicht vorstellbar. Für homologen Chylus ergab sich dabei etwa die gleiche Absorptionsrate wie für farbstoffmarkiertes Protein. Heterologer Chylus wurde langsamer als homologer aufgenommen, am langsamsten die Ölemulsion. Für 20 ml, die pro kg/KG intraperitoneal injiziert wurden, bewegen sich die ermittelten Werte in der Größenordnung von einigen Stunden. Sie liegen auch für die Ölemulsion bei der Ratte mit 8 Stunden, beim Meerschweinchen für 64% des injizierten Öles mit 16 Stunden erstaunlich niedrig.

In Diskrepanz zu diesen Befunden stehen die Ergebnisse von Rutenberg et al. (116), die von Morris zitiert und diskutiert werden. Die genannten Untersucher beobachteten die Elimination von radioaktiv markiertem, mit Demal stabilisiertem Sojaöl und fanden noch nach 16 Tagen beinahe das gesamte, intraperitoneal injizierte Öl am Ort der Applikation. Morris, der in eigenen Untersuchungen wenig Widerstand von Seiten der Peritoneums gegen den Eintritt von Fetten in die LG feststellen konnte - zumindest nicht bei einer Teilchengröße von 0,1 bis 1,0 μ -, vermutet als Ursache dieser differierenden Befunde eine Aggregation der Fettpartikel. Weitere Berichte über eine stark verzögerte Resorption von Fetten aus den serösen Höhlen beziehen sich auf Untersuchungen mit öligen KM. Sie sollen ebenso wie dies mit Untersu-

chungen anderer, z.B. wässriger KM geschehen ist zunächst nicht berücksichtigt und an anderer Stelle noch ausführlich bearbeitet werden.

2. Resorptionsmechanismen

Vernachlässigt wurde bisher die Frage, durch welche Mechanismen die Aufnahme von Substanzen aus den serösen Höhlen in die LG erfolgt. Dieses Problem besitzt im Zusammenhang mit unseren Untersuchungen zweifellos ein gewisses allgemeines Interesse. Darüber hinaus sind die beteiligten Vorgänge für uns schon deshalb von Bedeutung, weil sich aus ihnen die Determinanten ergeben, durch die die Aufnahme eines Stoffes günstig oder ungünstig zu beeinflussen sein könnte. Ihre Kenntnis gestatten außerdem Rückschlüsse auf die physiko-chemischen Eigenschaften, die von einer optimal resorbierbaren Substanz zu fordern sind.

2a) Resorptionsvorrichtungen

Die hier aufgeworfene Frage hat naturgemäß vor allem jene Autoren beschäftigt, die mit ihren Arbeiten unsere Vorstellungen über das Resorptionsvermögen von Pleura und Peritoneum wesentlich mitbestimmt haben. Einer der frühesten einschlägigen Untersuchungen geht deshalb auch auf v. Recklinghausen (1863) -(108)- zurück. Nach der Injektion von Milch in die Bauchhöhle von Kaninchen beobachtete er, wie am tendinösen Teil des Zwerchfells "die Milchkügelchen oft mit großer Geschwindigkeit von allen Seiten nach einem Punkt zusammenlaufen... hier in die Tiefe steigen" und "nachdem sie mit Blitzesschnelle den Strudel passiert haben, langsam weiterwandern, und zwar ganz deutlich in den Lymphgefäßen". Wurden solche Strudelstellen mit einer Silberlösung fixiert, so

zeigten sich zwischen den Serosaepithelzellen Verbreiterungen, deren Durchmesser etwa doppelt so groß wie der von roten Blutkörperchen geschätzt wurde. Diese "Stomata" lagen immer genau über LG, die ihrerseits entsprechende Öffnungen, "Stigmata", zwischen den Endothelzellen aufwiesen. Von Recklinghausen schloß, daß zwischen Bauchhöhle und oberflächlichen LG des Zwerchfells direkte, offene Verbindungen bestehen, über die die Aufnahme der intraperitoneal injizierten Stoffe erfolgt.

Diese Anschauung hat in der folgenden Zeit zu vielen Kontroversen geführt und ist häufig überprüft und diskutiert worden. (1a, b, 2, 22a, 44, 77, 82, 142) Schon seit einigen Jahrzehnten erscheint es fraglich, ob die beobachteten Stomata und Stigmata den anatomischen Gegebenheiten tatsächlich entsprechen. (82, 118b)

2b) Resorption durch Interzellularspalten

Dennoch wird von zahlreichen Untersuchern angenommen, daß der überwiegende Anteil intracavitär eingebrachter Stoffe die serösen Membranen hauptsächlich durch Interzellularspalten passiert. In diesem Sinne mußten bereits die eindrucksvollen Befunde von Allen (1936) -(1a)-, Florey (1927) -(38)-, Mac Callum (1903) -(77)- und Simer (1948) -(123a, b)- interpretiert werden, die nach der Injektion von Graphit, Tusche oder Hydrokollag 300 bei der anschließenden Sektion der Tiere die Zellgrenzen des Mesothels dicht mit diesen Stoffen besetzt fanden. In neuerer Zeit konnten auch elektronenmikroskopisch Erythrozyten, Tusche, kolloidales Eisen und Thoriumdioxid (42), pflanzliches Protein (Molekulargewicht 40 000) (24a) und verschiedenen Ionen (22b, 24b) während der Resorption in den Interzellularspalten des Mesothels lokalisiert werden. Eine Reihe von Beobachtungen macht zudem sehr wahrscheinlich, daß zumindest die Aufnahme von Zellen und

großmolekuligen Substanzen durch spezielle Resorptionsvorrichtungen erfolgt, die den von v.Recklinghausen beschriebenen in gewisser Weise ähneln.

An der Unterseite des Zwerchfells finden sich nämlich oberflächliche LG, die in lakunenartigen Ausbuchtungen sehr dicht unter das Peritoneum treten. (1a, 2, 22a, 42, 77) Die dadurch gegebene enge räumliche Beziehung zwischen Bauchhöhle und Lymphgefäßsystem wird noch verstärkt durch die Struktur des Endothels der Lymphkapillaren des zwischengelagerten Bindegewebes und der Mesothelzellen in diesem Bereich, die zusammen als Lakunendach bezeichnet werden. Die Deckzellen des Mesothels sind hier bedeutend kleiner als am übrigen Peritoneum, färben sich stärker an und können durch einen Reiz, wie ihn z.B. eine Tuschesuspension (142), eine Silbernitratlösung oder die Aufarbeitung zur histologischen Untersuchung darstellen, relativ leicht voneinander getrennt werden. Ihre Interzellularspalten werden dabei vor allem an der Zellbasis erheblich verbreitert. (77) Dies wird wahrscheinlich dadurch ermöglicht, daß die Basalmembran im Bereich eines Lakunendaches nur unvollständig ausgebildet ist oder fehlt, während sie sonst als geschlossene Schicht die Serosa unterlagert. (42, 77) Derselbe Effekt, nämlich die Vergrößerung der Zellabstände, kommt nach Mac Callum (77) bereits durch die Bewegungen des Zwerchfells bei der Atmung zustande. Außerdem wurde festgestellt, daß an diesen Stellen das subseröse Bindegewebe in einem Netz aus feinen und gröberen Fasern Aussparungen aufweist, die bis an das Endothel der Lymphkapillaren heranreichen. (22a, 42)

Diese Bindegewebslücken treffen auf Zellverbindungen des Lakunenendothels, die sich ihrerseits verbreitern können. (22a) Bei Resorptionsversuchen mit verschiedenen großmolekuligen Substanzen waren die Bindegewebslücken und die in ihren basalen Anteilen verbreiterten Interzellularspalten des Mesothels mit dem intracavitär injizierten Material angefüllt. Es mußte durch temporäre Öffnungen der Zonulae adhaerentes nahe der peritonealen Oberfläche der Mesothelzellverbindungen aus der Bauchhöhle aufgenommen worden sein.

Außerdem konnte bei der Passage von Erythrocyten die Erweiterung von Zellverbindungen zu kleinen Spalten im Mesothel direkt beobachtet werden (42). Im Gegensatz zu den Vorstellungen von v.Recklinghausen wäre demnach die Bauchhöhle zwar funktionell "offen", anatomisch jedoch "geschlossen". Die Existenz ähnlicher oder gleichartiger Resorptionsvorrichtungen wie an der peritonealen Seite des Zwerchfells wäre auch an anderen Stellen der Serosa denkbar, zumal kleinzelliges Epithel, wenn auch nicht so regelmäßig angeordnet, an der Pleura visceralis und parietalis beschrieben wurde (47).

Die Kräfte, die letztlich die Aufnahme der injizierten Substanzen in die LG bewirken, wurden von Allen und Vogt (2) und Simer (123b) für die Peritonealhöhle und von Dybkowsky (32) bereits 1866 für die Pleurahöhle diskutiert. Dabei sind die Bewegungen der Atemmuskulatur nach den Vorstellungen dieser Autoren von entscheidender Bedeutung. Mit der rhythmischen Dehnung und Entspannung des Gewebes, das dem Zwerchfell und den Mm. intercostales aufgelagert ist, sollen Druckschwankungen in den submesothelialen Lymphkapillaren bzw. Lakunen einhergehen. Je nachdem würden dadurch entweder Flüssigkeiten und Partikel in die durch Zug erweiterten Lymphkapillaren angesaugt oder von dort durch die Kompression des umgebenden Bindegewebes in Richtung auf die größeren klappentragenden LG weitertransportiert (1a, b, 2, 123a, b).

Auch elektronenmikroskopische Untersucher haben sich diesen Vorstellungen im wesentlichen angeschlossen (22a, c, 42). Allerdings konnte Casley Smith nachweisen, daß das Kapillarendothel von den resorbierten Substanzen immer auch transzellulär passiert wird, wobei der Umfang, in dem das geschieht, von der Art des aufgenommenen Materials abhängig ist (22a).

2c) Phagocytose

Bei Resorptionsversuchen wurden die injizierten Substanzen aber nicht nur in Interzellularspalten des Mesothels oder submesothelialen Gewebes gefunden. Auch Leukocyten sowie freie und ortsständige Makrophagen nehmen das eingebrachte Material auf, um dann offenbar Anschluß an das Lymphkapillarnetz zu gewinnen. (3, 36, 89, 91) Unter den freien Zellen des Peritoneums leisten die neutrophilen Granulocyten in den ersten 8 bis 12 Stunden den Hauptanteil der Phagocytosearbeit, der dann von monocytoiden Zellen übernommen wird. (52) Nach Cooray (23) durchwandern intrapleural injizierte Substanzen zum größten Teil im freien Zustand die Serosa des Mediastinums und werden erst dann in speziellen Zellanhäufungen gespeichert, die dicht unter dem Mesothel liegen und bereits von Mixter (91) als Makrophagenherde beschrieben wurden. Ähnliche, wahrscheinlich sogar identische Zellnester konnten von Lang außer an der Pleura mediastinalis auch an der Pleura parietalis gefunden werden. (65) An Peritoneum und Netz sind sie schon seit langer Zeit als Milchflecken bekannt, deren biologische Funktion im Allgemeinen in der Abwehr körperfremder Stoffe z.B. von Bakterien gesehen wird (Literatur bei Seifert (118a)). Diese Zellanhäufungen bestehen nach Lang aus wenig differenzierten Mesenchym- und Plasmazellen, vereinzelt Histocyten, Mastzellen und Lymphocyten. (65b) Sie enthalten häufig anthrakotisches Pigment, speichern elektiv intracavitär injizierte Vitalfarbstoffe und sollen bei der Elimination von großmolekuligen oder körperfremden Stoffen aus der Pleura- oder Peritonealflüssigkeit als "Schlammfänger der Resorption" eine wichtige Funktion besitzen. (65b, 66)

Die Bedeutung der Phagocytose für die Resorption aus den serösen Höhlen muß u.E. allerdings sehr vorsichtig beurteilt werden. Denn in den Brust- oder Bauchraum injizierte Partikel erscheinen in den ableitenden Lymphwegen zum größten Teil im freien Zustand und zwar nach einer Zeit, in der eine Passage durch Makrophagen oder Leukocyten kaum stattgefunden

haben kann. So ist z.B. die rasche und umfangreiche Aufnahme von roten Blutkörperchen mit ihrer Phagocytose sicher nicht zu erklären. Es bleibt fraglich, wie weit dieser Vorgang für die Resorption von Partikeln durch die Lymphgefäße tatsächlich verantwortlich ist. Uns scheint, bei kritischer Abwägung der Literatur, daß mit der Phagocytose ein Resorptionsmechanismus erkannt wurde, der die Aufnahme von Substanzen aus den serösen Höhlen zwar unterstützt, quantitativ aber kaum ins Gewicht fällt.

2d) Passage durch die Mesothelzelle

Ein weiterer Weg, auf dem intracavitär injiziertes Material aus den serösen Höhlen in die Lymphgefäße gelangen kann, ist der Transport durch die Mesothelzelle selbst.

Cunningham (29) hatte bereits 1926 bei Resorptionsversuchen Tuscheartikel und Erythrocyten im Cytoplasma des Serosae epithels beobachtet und deshalb angenommen, ihre Aufnahme erfolge zu einem beträchtlichen Teil transzellulär. Trotz einer wiederholten Bearbeitung einschlägiger Probleme wurden von anderen Autoren mit lichtmikroskopischen Methoden zunächst keine weiteren Befunde mitgeteilt, die diese Auffassung stützten. Neuere Aspekte und eine Aktualisierung der Diskussion um dieses Konzept ergaben sich erst an Hand von elektronenoptischen Untersuchungen, auf die im folgenden näher eingegangen werden soll.

Odor (100) konnte 15-30 Minuten nach der intraperitonealen Injektion Quecksilbersulfid und Thoriumdioxid in Vakuolen und Körperchen mit relativ dichter Matrix ("bodies with a relatively dense matrix") innerhalb der Mesothelzellen lokalisieren. Bei Untersuchungen von Staubesand (133b) an Herzbeutel- und Bauchhöhlenmesothelien von Ratten, Hunden und verschiedenen Kaltblütlern durchquerten kolloidales Gold

und Eisen (in einem Saccharat-Gluconat-Komplex) die Serosaschichten in erster Linie transzellulär. Das kolloidale Gold war bereits 2 Minuten nach der Applikation in Vesikeln der Mesothelzellen zu finden, hatte nach 3 1/2 Minuten diese passiert und sich in Spalträumen des submesothelialen BG angereichert. (133b) Auch nach der Injektion von Olivenöl wies Stolpmann (136) in den Deckzellen des Peritoneum viscerales der Maus cytoplasmatische, fettbeladene Vesikel nach. Der Vorgang der Fettaufnahme wird extrazellulär durch physikalische und chemische Kräfte vorbereitet, die das Öl in eine Teilchengröße um 600 Å bringen. Partikel dieser Größe stellen offensichtlich die optimale intrazelluläre Transportform der Fette dar und werden auch bei der Resorption in Darmepithelien gefunden. (136)

Odor (100), Staubesand (133b) und Stolpmann (136) betrachteten die cytoplasmatischen Vesikel in der Mesothelzelle als spezifische Strukturen des Stofftransportes unter Bezugnahme auf funktionell identischen Formen an anderen Epithelien und am Endothel. (10, 103a, 133a)

Zur Erklärung des Eintrittes von Substanzen durch das Plasmalemma in eine Zelle wurde, basierend auf entsprechende Beobachtungen, das Konzept der Membranvesikulation entwickelt. (10, 103a, b) Danach werden von außen an die Zelle herangetragene Stoffe zunächst mehr oder minder spezifisch und fest an deren Grenzmembran gebunden. Durch Invagination des Plasmalemma am Ort der Bindung und anschließender Abschnürung des so gebildeten Recessus entsteht ein substanztragendes Bläschen, das den Aufnahmevorgang durch Segretation in das Zellinnere beendet. Verschiebewebungen cytoplasmatischer Membranen und der äußeren Grenzmembran ("membrane flow") sollen dann nach Bennett (10) einen gerichteten Transport der inkorporierten Substanzen bzw. substanztragenden Vesikel bewirken, die an ihnen fixiert oder ihnen benachbart sind. Karnovsky und Shea (57) haben dagegen berechnet, daß sich die Vesikel zufällig und ähnlich dem Prinzip der Brown'schen Bewegungen durch das Cytoplasma bewegen.

Außerdem konnte nachgewiesen werden, daß ein vesikulärer Stofftransport in den Serosadeckzellen nicht nur von apikal nach basal, sondern auch in entgegengesetzter Richtung erfolgt, durch das Mesothel demnach Substanzen in einem gegensinnigen Strom transportiert und ausgetauscht werden. (133b) Bei der Ausschleusung aus der Zelleinheit wird, in Umkehrung des Aufnahmevorganges, die Vesikelmembran wieder in das Plasmalemm eingebaut und der Inhalt in den Extrazellulärraum entlassen. (10)

Der beschriebene transzelluläre Stoffverkehr wurde von Moore und Ruska (92) unter der Bezeichnung Cytopempsis (= transmission by cell) abgegrenzt von der Pinocytose (= cell drinking) der bloßen Stoffaufnahme in die Zelle durch Membranvesitkulation, etwa im Rahmen des Zellstoffwechsels. Die Passage von Substanzen durch die Mesothelzelle scheint sich jedoch nicht nur durch Cytopempsis zu vollziehen. Nach der Mitteilung von Staubesand (133b) war kolloidales Eisen (in einem Saccharat-Gluconat-Komplex) frei im Cytoplasma liegend nachweisbar und innerhalb weniger Sekunden in das submesotheliale Bindegewebe eingedrungen. Unmittelbar nach der Applikation der Eisenverbindung imponierte das Plasmalemm an der Oberfläche der Mesothelzellen wie zerissen oder in Auflösung begriffen und zwar gerade in jenen Bereichen, unter denen Eisenteilchen im Cytoplasma konzentriert waren. Unklar blieb, ob dies als Ausdruck einer Zellschädigung oder als reversible normale Zellreaktion aufgefaßt werden mußte. (133b)

Intracavitär injiziertes Material war im Rahmen der hier in Rede stehenden Untersuchungen von Odor (100), Staubesand (133b) und Stolpmann (136) in den Interzellularspalten des Mesothels nur in geringfügigen Mengen oder gar nicht nachweisbar. Ihre Passage durch die Deckschicht der Serosa schien vor allem transzellulär zu erfolgen. Hierzu konträre Ergebnisse weiterer elektronenmikroskopischer Arbeiten wurden bereits ausführlich referiert (siehe dazu Seite und sind in bezug auf diesen Aspekt des Problems lediglich

noch zu ergänzen. Vor allem sei herausgestellt, daß French (42) und Mitarbeiter die applizierten Substanzen am Peritoneum des Diaphragmas lediglich im Bereich der Lakunendächer sehr reichlich in den Interzellularspalten lokalisieren konnte, während sich in den dazwischenliegenden Anteilen der Serosa nur Spuren davon fanden. Die hierbei verwendeten Stoffe Tusche, kolloidales Eisen und Thoriumdioxyd wurden in geringem Umfang auch in das Cytoplasma des Serosa-epithels aufgenommen, desgleichen pflanzliches Protein mit einem Molekulargewicht von 40.000. (24a) Außerdem waren bei Resorptionsversuchen Präcipitate von Metallionen innerhalb der Mesothelzellen zu erkennen. (22b) Es wurde deshalb vermutet oder nicht ausgeschlossen, daß diese Substanzen zu einem geringen Teil transzellulär die Serosaschicht passieren (22b, 24a), während das injizierte Material das submesotheliale BG in erster Linie auf dem extrazellulären Weg erreichen sollte. Auch erscheint bemerkenswert, daß Hort (51a, b) während bzw. nach der Resorption der wässerigen Lösung Peritofundin I^P (Fa. Braun, Melsungen) an der Mesothelzelle keine Zunahme der Cytopempsisbläschen oder sonstige Veränderungen feststellen konnte, obwohl bei den gegebenen Versuchsbedingungen unter der Annahme einer transzellulären Passage alle paar Minuten ein Flüssigkeitsvolumen durch jede Deckzelle hindurchgehen mußte, die dem Zellvolumen entsprach.

Die diskrepanten Befunde, die auf der Suche nach einem einheitlichen Resorptionsmechanismus erhoben wurden, sind zum Teil als Ergebnis von Untersuchungen mit verschiedenen Substanzen an unterschiedlichen Abschnitten der serösen Membran zu verstehen und nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar. Als gesichert erscheint uns die überragende Bedeutung der Interzellularspalten an der Unterseite des Diaphragmas für die Aufnahme von Substanzen aus dem Peritonealraum. Darüber hinaus wird intracavitär injiziertes Material offensichtlich auch von Serosadeckzellen aufgenommen, durch sie hindurchgeschleust und so in das submesotheliale BG transpor-

tiert. Bei dieser Stoffpassage durch Cytopempsis ist eine selektive Permeabilität des Mesothels zu vermuten, die durch die Struktur der Basalmembran (10) oder des Plasmalemmis bestimmt wird. (10, 133b) In Abhängigkeit von ihren physikochemischen Eigenschaften ließ sich ein unterschiedliches biologisches Verhalten der untersuchten Substanzen bei ihrer Passage durch die Mesothelzelle bereits erwarten. Die quantitative Bedeutung dieses Weges für die Stoffaufnahme aus den serösen Höhlen ist jedoch auch im Einzelfall nicht abzuschätzen. Eine endgültige Beurteilung des behandelten Problems läßt die zur Zeit vorliegende Literatur nicht zu.

3. Faktoren, die die Resorption aus den serösen Höhlen beeinflussen

Wie bereits ausführlich dargelegt, sind die Bewegungen der Atemmuskulatur für die Aufnahme derjenigen Substanzen von Bedeutung, die zwischen den Mesothelzellen die serösen Häute durchdringen. Ihr resorbiertes Volumen pro Zeiteinheit ist abhängig vom Ausmaß der Atemexcursionen. Wird die Atmung forciert, indem man zum Beispiel der Atemluft des Versuchstieres CO_2 zusetzt, so ist die peritoneale und pleurale Resorption von Erythrocyten und farbstoffmarkierten Proteinen wesentlich gesteigert. (93a)

Andererseits verzögert eine tiefe Narkose über die damit verbundene Atemdepression die Elimination dieser Stoffe aus den serösen Höhlen oder ihr Erscheinen in den ableitenden Lymphwegen. (26x, 26a, 93a) Der gleiche Effekt kann auch vorübergehend durch eine beidseitige Phrenicotomie erzielt werden. (93a)

Atembewegungen spielen auch beim Transport der injizierten Stoffe zu den Praedilektionsstellen der Resorption eine gewisse Rolle. In der Pleurahöhle bewegen sich die einge-

brachten Substanzen in der Regel zunächst nach abwärts zum Diaphragma, von dort entlang der mediastinalen Pleurafalten zu den Lungenwurzeln, wo nach Coorey (23) die Resorption hauptsächlich stattfinden soll. Dieser Ablauf wird durch einen Pneumothorax oder eine Paralyse des Zwerchfells gestört und die Resorption dadurch verzögert. (23)

In der Bauchhöhle wird eine resorptionsbegünstigende Ausbreitung der injizierten Substanzen durch die Peristaltik des Darmes zusätzlich gefördert. Entgegen der Schwerkraft erreichen die applizierten Stoffe in gewissem Umfang die Unterseite des Zwerchfells auch dann, wenn das Versuchstier mit dem Kopf schräg nach oben gelagert wurde. Dieser Vorgang wird bei einer Störung der normalen Verhältnisse verzögert, wie das z.B. bei einem paralytischen Ileus der Fall ist. (26b)

Für Umfang und Geschwindigkeit der Resorption ist es außerdem von großer Bedeutung, wie die injizierten Substanzen vom Mesothel der Pleura oder des Peritoneum toleriert werden. Stoffe, die die serösen Häute reizen, werden durch entzündliche Verklebungen fixiert und stark verzögert resorbiert. (6, 99)

Schließlich konnte gezeigt werden, daß die Permeabilität der serösen Häute durch Pharmaka zu verändern ist. Die intracavitäre Applikation von Hyaluronidase beschleunigt die Aufnahme aus Brust- und Bauchraum, während Hyaluronidasehemmer die Resorption deutlich verlangsamen. (43, 45, 46, 144) Weitere Mitteilungen beziehen sich auf Untersuchungen am isolierten Mesenterium und Berichten über deren Permeabilitätsänderung durch Atropin, Histamin, 5-Hydroxytryptamin (13 und Vasopressin. (121)

4. Praedilektionsstellen der Resorption

Gut diffusible wässrige Lösungen werden vermutlich an allen Abschnitten der Pleura und des Peritoneums resorbiert; aus

der Bauchhöhle sollen sie in großem Umfang durch die Gefäße des Pfortaderkreislaufes aufgenommen werden. (76)

Die Resorption großmoleküliger, schlecht diffusibler Stoffe durch die Lymphkapillaren erfolgt dagegen, zumindest am Peritoneum, vorwiegend über einem verhältnismäßig kleinen Bezirk dieser ausgedehnten Membran. Werden kolloidale oder korpuskuläre Substanzen intraperitoneal injiziert, so erscheinen sie vor allem in den Lymphbahnen des Zwerchfells. (1a, 22a, 42, 77) Die peritoneale Seite des Diaphragmas gilt deshalb als Praedilektionsstelle der Resorption. Daneben sind die peritoneale Bedeckung der Leber (126), das große Netz (65b, 66, 100) und das Mesenterium (100) als Bereiche mit deutlicher Fähigkeit zur Resorption angegeben worden.

Auch an der Brusthöhle wurden von verschiedenen Autoren Praedilektionsstellen der Resorption beschrieben. Eine sichere Entscheidung, über welchen Pleuraabschnitten der größte Teil des injizierten Materials tatsächlich aufgenommen wird, ist an Hand der vorliegenden Literatur wegen der widersprüchlichen Angaben allerdings nicht möglich.

Gesichert erscheint, daß an der Oberseite des Zwerchfells keine Resorption stattfindet. Auch die Pleura pulmonalis ist in dieser Beziehung offensichtlich ohne wesentliche Bedeutung, obgleich Karsner und Swanbeck (58) eine geringe resorptive Aktivität an der Lungenoberfläche feststellten. Nach den genannten Autoren werden intraplural injizierte Partikel hauptsächlich über dem Mediastinum aufgenommen. Entsprechende Beobachtungen wurden auch von Mixer (91), Coorey (23) und Lang (65a, 66) mitgeteilt, die in diesem Zusammenhang auf die Bedeutung von sogenannten Makrophagenherden in den mediastinalen Pleurafalten zwischen Diaphragma, Herzbeutel und Lungenwurzel hinwiesen. Demgegenüber fanden vor allem frühe Autoren, daß korpuskuläre Stoffe wie z.B. Tusche beinahe ausschließlich über der Pleura costalis aufgenommen werden und zwar in den Bereichen, die der Interkostalmuskulatur aufliegen. (82, 87) Nach Courtice und Mit-

arbeitern (26x, 26a) besitzen sowohl das untere Mediastinum als auch die Pleura der Thoraxwand die Fähigkeit zur Resorption, wobei die Aufnahme der Testsubstanz (farbstoffmarkierte Proteine) über dem Mediastinum intensiver zu sein schien.

Hayek (47) nimmt in der Brusthöhle einen Flüssigkeitsstrom an, der aus den Alveolen bzw. lymphgefäßfreien Alveolarsepten durch die Lappchengrenzmembran zum subpleuralen Gewebe und von dort in den Pleuraspalt führt. Als Ursache dieser Flüssigkeitsverschiebung käme der Unterdruck im lockeren Gewebe der Pleura visceralis und im kapillaren Spalt zwischen den beiden Mesothelblättern in Frage. Aus dem Pleuraspalt soll dann die eingeströmte Flüssigkeit zusammen mit den mitgeführten Partikeln (Staub, anthrakotisches Pigment) von der Pleura parietalis wieder resorbiert werden. (47)

IV. Frühere Untersuchungen zur röntgenologischen Darstellung der abführenden Lymphwege von Pleura und Peritoneum

Die röntgenologische Darstellung der abführenden Lymphwege von Pleura und Peritoneum mit KM ist bereits früher wiederholt untersucht worden. Verschiedene schattengebende Substanzen wurden dabei intracavitär injiziert um über ihre Resorption und ihren anschließenden Transport durch die entsprechenden Lymphwege deren röntgenologische Sichtbarmachung zu erreichen. Tatsächlich zeigen die danach angefertigten Röntgenbilder häufig Linien, die als kontrastmittelgefüllte LG interpretiert werden konnten. Rundliche Verschattungen, die in der Regel ebenfalls zur Darstellung kamen, wurden als LK gedeutet und in zahlreichen Fällen als solche autoptisch gesichert. Die uns bekannten, einschlägigen Untersuchungen werden im folgenden in chronologischer Reihenfolge und für Pleura und Peritoneum getrennt angeführt.

1. Pleura

Saito M. (1933)

KM: Thorotrast

Versuchstiere: Keine Angaben

Ergebnisse: Der Ductus thoracicus, die retrosternalen und intercostalen Lymphwege wurden sichtbar. In der Thoraxwand stellten sich außerdem feine LG bis zu den Achsellymphknoten hin dar (117).

Meldolesi G. und Coari L. (1934)

Versuchstiere: Kaninchen mit und ohne Pneumothorax; ein Hund mit Pneumothorax.

KM: Thorotrast.

Ergebnisse: Zur Darstellung kam im hinteren und vorderen Mediastinum ein Geflecht schmaler Linien mit Verbindungen zu ovalen Verschattungen hinter dem Sternum. In einem Fall (Kaninchen) zeigten sich neben schrägen Streifen im hinteren Mediastinum eine runde Verschattung retrosternal in Höhe des Jugulums, die mit der vorderen Herzkontur durch zwei dünne Linien verbunden war. Bei einem Hund hatte die eingebrachte KM-Menge auch nach 6 Monaten kaum abgenommen. Formationen, die als LG oder LK gedeutet werden könnten, wurden nicht beobachtet. (86)

Capua A. (1934)

KM: Thorotrast

Versuchstier: Ein Hund

Ergebnisse: Nach der Injektion des KM zeigten sich im Laufe der Zeit zahlreiche Linien, die als LG interpretiert wurden. Rundliche Verschattungen, die ebenfalls zur Darstellung kamen erwiesen sich autoptisch als LK, die Thorium gespeichert hatten. Im einzelnen wurde folgende Beschreibung der verschiedenen Röntgenbilder gegeben: In den Inter-costalräumen ein feines Netz sich überkreuzender und anastomosierender feiner Linien, die schließlich schräg zusammen und mehr geradlinig verlaufen und dabei breiter werden. Parallele, zur oberen Thoraxmündung führende Streifen, die ebenfalls teilweise zusammenmünden und dadurch breiter werden. Streifen, die auf seitlichen Aufnahmen wie die Fäden eines Spinnennetzes zum Lungenhilus hin konvergieren. Rundliche Verschattungen, relativ klein an der Bifurkation der Trachea und relativ groß an der vorderen Thoraxwand in Höhe der Herzbasis und an der Thoraxapertur. Gleichartige runde Schatten auch im Bauchraum, und zwar zunächst auf den Zwerchfellpfeilern, nach 15 Tagen in der Lumbalregion und prae- bzw. paravertebral.

Derselbe Autor deponierte bei einer Frau 15 ccm Thorotrast in einen vorbestehenden linksseitigen Pneumothorax. Auf dieser Seite kam eine Linie von 2-3 mm Breite zur Darstel-

lung, die, als Lymphstamm interpretiert, entlang der letzten Brustwirbel und der ersten Lendenwirbel nach unten führte, um in eine bohnen große rundliche Verschattung zu münden, die wahrscheinlich einem LK entsprach. Außerdem zeigten sich dunkle unregelmäßige Flecken von unterschiedlicher Größe im obersten linken Bereich der Brusthöhle. (21a)

Menville L.J. und Ané J.N. (1934)

KM.: Thoriumdioxyd

Versuchstiere: Ratten, Hunde, Kaninchen

Ergebnisse: Bereicht eine Stunde nach der Injektion zeigten sich über beiden Thoraxhälften Verschattungen, die eindeutig LG oder LK entsprachen. Die retrosternalen und vorderen mediastinalen LK stellten sich zuerst dar. Sehr bald waren auch die intercostalen LG beider Seiten zu sehen, die in Gefäße des Zwerchfells mündeten. Die Intercostalgefäße besaßen anscheinend außerdem Verbindungen zu LK außerhalb des Thoraxraumes: bei der Ratte zu Knoten an der Unterseite des Diaphragams, bei Kaninchen und Hund zu Knoten im Retroperitonealraum. Beim Hund, der das KM etwas langsamer als die Ratte aus dem Pleuraspalt eliminierte, waren auch die mediastinalen, tracheobronchialen und trachealen LK zu erkennen. Die Aufnahme des Thoriumdioxyd durch das Zwerchfell war bei allen Tieren weniger stark ausgeprägt als nach einer KM-Injektion in den Bauchraum. (87c)

Kirchmair H. (1949)

KM: Thorotrast, Jodsole (jodierte Stearin- und Linolensäureäthylester) mit verschiedenen Zusätzen und in verschiedenen Mischungen.

Versuchstiere: Kaninchen, Meerschweinchen

Ergebnisse: mit Thorotrast stellten sich thoracale und abdominale LK dar. Um gute Röntgenbilder zu erhalten mußte allerdings eine längere Zeit nach der Injektion abgewartet werden. Nach 3 1/2 Monaten hatten retrosternale, hiläre und abdominale LK sowie LG im Zwerchfell und das Mediastinum KM gespeichert. Eine vollständige Elimination von Thoriumdioxyd aus dem Pleuraspalt war auch nach dieser Zeit noch nicht erfolgt.

Die Versuche mit jodierten Ölen und ihren Mischungen erbrachten keine verwertbaren Ergebnisse. Die injizierten Substanzen verklumpten, wurden ungenügend resorbiert und führten zum großen Teil zu starken Pleurareizungen. (62)

Burke_E.H._(1959)

Versuchstiere: Meerschweinchen

KM: Thoriumdioxyd

Ergebnisse: Zur Darstellung kamen 6 bis 8 retrosternale und 2 paraaortale, in Höhe der Zwerchfellpfeiler gelegenen LK. Bei der histologischen Untersuchung zeigte sich, daß das KM in den Sinus der betreffenden LK abgelagert war. (19)

2. Peritoneum

Schlanger (1928)

KM: Lipiodol

Ergebnisse: Nach der Injektion des KM in einen rechtsseitigen subphrenischen Abszeß bei einem Menschen wurden kontrastmittelgefüllte Lymphbahnen am Lungenhilus sichtbar. (127)

Held_A._(1932)

KM: Thorotrast

Versuchstiere: Kaninchen

Ergebnisse: Zur Darstellung kamen die Lymphbahnen, die seitlich vom Sternum die Lymphoglandulae intercostales anteriores miteinander verbinden. Gleichzeitig füllte sich ein LK an der oberen Thoraxapertur stärker an. Nicht völlig zu klären war die Art des KM-Übertrittes vom Abdomen in den Thoraxraum. Bei drei Tieren ließen sich übereinstimmend relativ grobe Lymphstämme in Zwerchfellhöhe erkennen. Ob diese im Zwerchfell selbst oder unterhalb desselben lagen, war nicht zu klären. Nach 3 Tagen war ein kräftiger Milzschatten nachweisbar. (48)

Menville L.J. und Ané J.N. (1932, 1933, 1934)

KM: Thorotrast

Versuchstiere: Albinoratte, Hund, Kaninchen

Ergebnisse: Bei der Ratte zeigten sich 24 Stunden bis 2 Wochen nach der Injektion feine Streifen, die LG ähnelten.

Das Zwerchfell bot einen verstärkten Kontrast, was die Absorption von Thoriumdioxid in diesem Gebiet vermuten ließ.

Im Thoraxraum zeigten sich deutlich die intercostalen LK und Gefäße mit Verbindungen zu Strukturen, die möglicherweise dem rechten und linken Lymphstamm entsprachen. (87a)

Beim Hund und Kaninchen stellten sich die retrosternalen und vorderen mediastinalen LK klar dar. Entsprechende Strukturen zeigten sich ebenso deutlich auch im hinteren Mediastinum, die, ihrer Lage nach beurteilt, wahrscheinlich die tracheobronchialen, paratrachealen und paraesophagealen LK darstellten. (87d)

Bei einer 50jährigen Frau mit metastasiertem Uteruscarcinom zeigten sich 2 Tage nach einer intraperitonealen Thoriumdioxidinjektion einige der abdominellen und diaphragmatischen Lymphbahnen, die zur Brusthöhle führen. Auch verschiedene abdominelle LK wurden sichtbar. (87b)

Saito M. (1933)

KM: Thorotrast

Versuchstiere: Keine Angaben

Ergebnisse: Zur Darstellung kamen die retrosternalen und mediastinalen LG und LK und der Ductus thoracicus.

Derselbe Autor erwähnt, daß auch beim Menschen die Sichtbarmachung von Lymphwegen durch die intraperitoneale Injektion von Thorotrast gelang. (117)

Capua A. (1934)

KM: Thorotrast

Versuchstiere: Hund, Kaninchen

Ergebnisse: Bei beiden Tieren breitete sich das KM rasch in der gesamten Bauchhöhle aus, wobei das Omentum besonders intensiv verschattet wurde. Spezifische Strukturen, die man

als LK oder LG hätte deuten können, waren unterhalb des Zwerchfells nicht zu erkennen. Beim Hund stellten sich drei große LF und deren verbindende Lymphbahnen an der oberen Thoraxapertur sowie die intercostalen LG der Pleura dar. Die peribronchialen LK waren gering verschattet. Auch beim Kaninchen wurden im oberen Thorax drei LK als rundliche Verschattungen röntgenologisch sichtbar. Weitere LK - oder Bahnen waren nicht zu erkennen. Außer dem kleinen und großen Netz waren auch die Genitalien beachtlich verschattet. Am eviscerierten Zwerchfell erschien das KM in radiären, gegen die Zwerchfellmitte konvergierenden Streifen. Bei histologischen Untersuchungen zeigte das Serosaeepithel keine Anzeichen einer Schädigung; das KM war submesothelial in epitheloidzellig umgewandelten Mesenchymzellen gespeichert. (21b)

Meldolesi G. und Coari L. (1934)

KM Thoriofanin (= kolloidales Thoriumdioxyd)

Versuchstiere: Kaninchen, Hunde

Ergebnisse: Bei den Versuchen mit Kaninchen stellten sich nach einigen Wochen regelmäßige Streifen dar, die der Zwerchfellkontur folgten und entlang der Wirbelsäule vom Abdomen in den Thoraxraum verliefen. Die Sinus costodiaphragmatica waren z.T. von KM ausgefüllt, das über die retrosternalen und paravertebralen Lymphwege bis zu den Ln. supraclaviculares ascendierte. In einem Fall war je eine Reihe kleinster punktförmiger Verschattungen, die durch feine Linien verbunden wurden, zu beiden Seiten des Halses bis zum Atlantooccipitalgelenk zu sehen; in einer anderen Fall fanden sich fleckförmige Verschattungen in Höhe des ersten und zweiten Intercostalraumes. Bei einer Hund wurde 6 bis 10 Wochen nach der Injektion folgender Befund erhoben: Oberhalb der vorderen Zwerchfellanteile bogenförmige parallele Linien, die von ovalen Schatten unterbrochen wurden. Dünne Streifen, die vom Zwerchfell entlang der Rückseite des Sternums zu vier großen ovalen retrosternalen Verschattungen in Höhe der ersten Rippe ziehen. (86)

Pomeranz R. (1934)

KM: Thorotrast

Versuchstier: Kaninchen

Ergebnisse: Bereits 50 Minuten nach der Injektion wurde ein 2-3 mm großer LK hinter dem Sternum in Höhe des Manubriums sichtbar und ein retrosternales LG andeutungsweise erkennbar. Deutlich erkennbar waren 24 Stunden später bis zur Tötung des Tieres nach 5 Monaten LK im oberen Thoraxbereich um die Jugularisvenen, retrosternale LG, sämtliche abdominellen LK (vor allem die an der Unterseite der Leber) und die LG des Mesenteriums. Nach 22 Tagen hatten auch LK in der rechten Axilla Thorotrast aufgenommen (KM war versehentlich teilweise intramural injiziert worden). Das KM wurde außerdem in Leber und Milz in größeren Mengen abgelagert und war auch 5 Monate nach der Injektion nicht vollständig aus der Bauchhöhle resorbiert. Die Resorption wurde beschleunigt, wenn Thorotrast zusammen mit einer Aufschwemmung von fein verteiltem Silizium appliziert wurde.

Bei einer histologischen Untersuchung fand sich der größte Teil des KM in den Endothelzellen peritonealer LG. Es war außerdem in den LK des Abdomens und des oberen Brustkorbes (keine genaueren Angaben) sowie in den Zellen des RES verschiedener Organe gespeichert. (107)

Buhr E. (1939)

KM: Jodsole (jodierte Stearinsäureester, jodierte Linolensäureester)

Versuchstiere: Kaninchen

Ergebnisse: Vierundzwanzig Stunden nach der Injektion war das KM über Zwerchfell und Mediastinum bis in die LK im oberen Thoraxbereich gelangt. Gute Bilder konnten noch nach 3 bis 8 Tagen gewonnen werden, bei denen sich klar und deutlich Lymphbahnen und LK im Zwerchfell, in der Brust- und Bauchhöhle darstellten. (18)

Kirchmair (1949)

KM: Thorotrast, Jodsole (jodierte Stearinsäureäthylester, jodierte Linolensäureester)

Versuchstiere: Meerschweinchen

Ergebnisse: Mit Thorotrast zeigten sich zwei Stunden nach der Injektion perlchnurartige Formationen im Bauchraum. Vierundzwanzig Stunden später war eine geringe KM-Füllung einzelner LG und LK im Brust- und Bauchraum sowie im Zwerchfell erkennbar. Diese Verschattungen wurden im Laufe der Zeit deutlicher und waren nach 22 Tagen endlich so scharf und dicht, daß sie diagnostisch verwertet werden konnten. Bei der Sektion 3 1/2 Monate nach der Injektion fand sich das KM in den Lymphbahnen des Zwerchfells und des Mesenteriums sowie in den retro- und suprasternalen LK gespeichert. Mit Jodsol waren bereits drei Tage nach der Injektion LG im Zwerchfell und LK im oberen Thoraxraum sicher zu erkennen. Wurden größere KM-Konzentrationen verwendet, so stellten sich die abführenden Lymphwege bereits nach 17 Minuten dar. Bei der Sektion sechs Tage später und der anschließenden Bestimmung des Jodgehaltes verschiedener LK fand sich die höchste Konzentration in den Hiluslymphknoten. (62)

Cramer H. und Yarbatt A. (1951)

KM: Jodsol

Versuchstiere: Keine Angaben

Ergebnisse: Das injizierte Material umgibt in zarter Schicht die Außenwand der Eingeweide. Es konnte sich allerdings auch rasch in der gesamten Bauchhöhle ausbreiten, ohne daß dabei irgendwelche Organe differenziert werden konnten. Einige Kontrastlinien, die nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit LG zugehörten, waren zu erkennen. (28)

Durandeez H., Curt F., Froese Ch., Leger L. (1959)

KM: Diodone, Acétiodone, Radio Selectan biliaire, Emulsionen von Lipiodol

Versuchstiere: Meerschweinchen, Kaninchen

Ergebnisse: Mit wasserlöslichen jodierten KM (Diodone, Acétiodone, Radio Selectan biliaire) konnten bei einer großen

Zahl der Fälle nach 20 bis 30 Minuten Bilder erhalten werden, die zweifellos denen von LK und Lymphstämmen glichen. Bei den Meerschweinchen zeigten immerhin 11 der 12 injizierten Tiere entsprechende Strukturen.

Mit Lipiodol stellten sich nach einigen Tagen eindeutig LK des Brust- und Bauchraumes dar, von denen die retrosternalen besonders deutlich waren. Die LG waren wenig oder kaum sichtbar. Das KM wurde gelegentlich schlecht toleriert und führte häufig zu örtlichen, entzündlichen Reaktionen. Die spezifischen Strukturen erschienen frühestens nach zwei Tagen und waren dann mehrere Tage lang gut erhalten. Inkonstant oder nur wahrscheinlich waren auch paravertebrale Lymphstämmе, anastomosierende Lymphwege des Zwerchfells, verschiedene Thoraxlymphknoten, die Cisterna chyli und das Anfangsteil des Ductus thoracicus zu sehen, wobei die Autoren nicht angeben, welches KM im einzelnen Fall injiziert wurde. Erwähnenswert ist weiter, daß die KM bei Rückenlage der Tiere zum Teil auch über die Ln. coeliaci und den Ductus thoracicus abgeführt wurde, während es sich bei normaler Bauchlagerung an der Wand des Oberbauches und des vorderen Zwerchfells sammelte und dann die retrosternalen Lymphwege anfüllte. Zusätze von Hyaluronidase zu den KM bewirkten keine Änderung der Resorption, auch nicht im Sinne einer Beschleunigung. (31)

Barer R.G. (1961)

KM: Thorotrast, Angiopaque, Micropaque, Pyelosil, Urografin und Biligrafin

Versuchstiere: Kaninchen, Mäuse

Ergebnisse: Mit Ausnahme der wasserlöslichen KM wurden die injizierten Substanzen relativ rasch von den LG aufgenommen und über die retrosternalen und vorderen mediastinalen Lymphkollektoren unter Bildung typischer Verschattungen in Richtung Venenwinkel transportiert. Bei der Entleerung des KM in den Angulus venosus konnten gelegentlich rhythmische Kontraktionen des Ductus lymphaticus cervicale beobachtet werden. Der Ductus thoracicus selbst kam nur selten zur Darstellung. Die Resorption kleinmoleküliger Stoffe mit niedrigem

Viscositätsgrad ging schneller vonstatten als die anderer, z.B. von Thorotrast. Micropaque war bereits nach 4 Minuten, Angiopaque nach 10 Minuten retrosternal nachweisbar. Die Aufnahme der KM fand offenbar zu einem guten Teil über der Pars tendinosum des Zwerchfells statt. Mit der Methode der Mikroradiografie ließ sich dort ein dichtes Geflecht aus vorwiegend radial angeordneten LG zeigen, die durch größere Lymphkollektoren verbunden waren. (8)

Olin T. und Saldeen T. (1964)

KM. Thorotrast

Tiere: Ratten

Ergebnisse: Bereits eine Stunde nach der Injektion waren die Lymphbahnen des Zwerchfells bei allen Tieren gut sichtbar mit Thorotrast gefüllt. Das KM wurde von dort nach oben über die parasternalen, mediastinalen, paravertebralen und intercostalen Lymphwege sowie nach unten über retroperitoneale Lymphbahnen abgeleitet. Am deutlichsten stellten sich die parasternalen LG mit je einer Linie beiderseits des Sternums dar. Häufig zeigten sich feine intercostale Lymphbahnen, die sich in die paravertebralen LG entleerten. Das rechte paravertebrale Gefäß war in drei viertel, das entsprechende der linken Seite in einem drittel der Fälle zu sehen. Außerdem ließ sich bei einem fünftel der Tiere ein einzelnes mediastinales LG nachweisen. Im oberen Thoraxbereich mündeten die beschriebenen Lymphbahnen in zwei mediastinale LK, die regelmäßig zur Darstellung gelangten. Im Retroperitoneum wurde links in allen, rechts in drei viertel der Fälle ein LG sichtbar. Sie führten das KM zu intestinalen LK und zu Knoten der Cisterna chyli, die bei 80 bis 90 % der Tiere gut zu erkennen waren. Gelegentlich ließen sich auch die tributären LK der Nieren und mesenteriale LK nachweisen.

Der Ductus thoracicus wurde bei keinem der Tiere sichtbar. Bei der histologischen Untersuchung fanden sich KM-Ablagerungen vor allem in den LK des Mediastinums und der Cisterna chyli, und zwar hauptsächlich im Bereich der Randsinus.

Größere Thorotrastmengen konnten auch in Leber, Milz und Nebennieren gefunden werden. (101)

Koehler R.P. (1965)

KM: Zahlreiche Stoffe, einschließlich kolloidaler Schwermetalle, wasserlöslicher und öligler Substanzen

Versuchstiere: Ratten

Ergebnisse: Die meisten injizierten Stoffe waren zu toxisch, verursachten eine schwere peritoneale Reaktion oder wurden von den LG nicht aufgenommen. Von den in Frage kommenden Substanzen war eine 50 % Emulsion von Ethiodol (Thiomul) am erfolgversprechendsten. Auf diese Emulsion beziehen sich die folgenden Befunde: 72-96 Stunden nach der Injektion konnten die retrosternalen LK sichtbar gemacht werden. Der maximale Kontrast stellte sich nach 5-10 Tagen ein.

Bei der histologischen Untersuchung fand sich am Peritoneum und den untersuchten Organen keine wesentliche entzündliche Reaktion. Lediglich Histiocyten waren stellenweise zu sehen. Die LK (welche?) zeigten vereinzelte kleine Vacuolen an Stellen, an denen KM abgelagert war. (63)

Lindgren I., Nagy E.J., Virtama P. (1968)

KM. Thorotrast, Micropaque, Dionosil, Isopaque, Solu-Biloptin, Urografin, Perjodal H, Bariumsulfat, Zirkoniumoxyd, Lipiodol

Versuchstiere: Ratten

Ergebnisse: Die Untersuchungen mit Dionosil, Isopaque, Solu-Biloptin, Perjodal und Urografin verliefen negativ. Thorotrast war nach 2 bis 3 Tagen röntgenologisch in den LG des Zwerchfells und Mediastinums nachweisbar und erschien nach einer Woche in den LK des Halses. Lipiodol verblieb 8 bis 10 Tage in der Peritonealhöhle und war 30 Tage lang in den Lymphbahnen des Zwerchfells und des Mediastinums zu erkennen.

Noch wesentlich langsamer wurden Bariumsulfat und Zirkoniumoxyd resorbiert; die genannten Substanzen konnten röntgenologisch außerhalb der Abdominalhöhle nicht nachgewiesen werden und verursachten peritoneale Adhaesionen. Daß eine geringe Menge von

intraperitoneal injiziertem Bariumsulfat über dem oberen Mediastinum angereichert wurde, ließ sich jedoch mit Hilfe der Isotopentechnik beweisen.

Histologisch fand sich Thorotrast in den Hals-LK wo es im Cytoplasma der Makrophagen und in den Randsinus gelegen war. Außerdem konnte histologisch gezeigt werden, daß Lipiodol im Lymphsystem angesammelt wurde. (75)

Göranson L.R., Jonsson K., Olin T. (1973)

KM: Thorotrast

Versuchstier: Kaninchen

Ergebnisse: Die LK des oberen vorderen Mediastinums stellten sich zuerst dar. Danach wurden die benachbarten parasternalen LG sichtbar. Die selektive Deponierung des KM in der subdiaphragmalen Region und die Beimischung von Hyaluronidase beschleunigte die Resorption, während ein Hyaluronidasehemmer die Aufnahme des KM verzögerte. (45)

Berdon W.E., Baker D.H., Poznanski A. (1973)

KM: Barium, durch Colonperforation während des Colonkontrasteinlaufes

Ergebnisse: Bei einem Säugling und bei einem kleinen Kind kam es während eines Colonkontrasteinlaufes zu einer Colonperforation mit Austritt von großen Mengen Barium in den Peritonealraum. Bei dem Säugling konnten 7 und 21 Monate nach diesem Ereignis röntgenologisch die retrosternalen LK nachgewiesen werden. Bei dem kleinen Kind hatten sich die retrosternalen LK schon 6 Tage später dargestellt. (12)

V. Eigene Untersuchungen

1. Material und Methodik

Die Untersuchungen wurden an insgesamt 68 weiblichen und männlichen Wistar-Ratten mit einem durchschnittlichen Körpergewicht von 200 g durchgeführt. Den Tieren stand Futter (Altromin^R-15) und Leitungswasser ad libitum zur Verfügung. Es wurden jeweils 0,5-1,0 ccm KM (entspricht 2,0-5,0 ccm KM/kg/KG) intrapleurale oder 0,5-1,5 ccm KM (entspricht 2,0-7,5 ccm KM/kg/KG) intraperitoneal injiziert. Die Injektionen erfolgten mit den im klinischen Betrieb üblichen Spritzen und Kanülen der Größe 2 und 17, unter Beachtung der Sterilität. Das KM wurde bei drei Tieren versehentlich teilweise intramural, bei je einem weiteren Tier unbeabsichtigt in das Colon, in das Magenlumen und in die Lunge injiziert.

Folgende Kontrastmittel wurden verwendet:

- | | |
|---------------------|--|
| Biligradin | (Schering) Methylglucaminsalz des Adipinsäure-bis- (3-carboxy-2,4,6-trijodanilid) |
| Conray 30 | (Byk-Gulden) 5-Acetylamin-2,4,6-trijod-isophthalsäuremethylamid-(3)-methylglucaminsalz |
| Endogradin | (Schering) Methylglucaminsalz des Adipinsäure-bis-(3-carboxy-2,4,6-trijodanilid) |
| Lipiodol Ultrafluid | (Byk-Gulden) Fettsäureäthylester des jodierten Oleum Papaveris |
| Pantopaque | (W.Schur, O.W.G.-Chemie) Äthyljodphenylundecylat |
| Propyliodon | (Cilag) N-Propyl-3,5-dijod-4-pyridon-N-essigsäure |
| Urografin (30%) | (Schering) Natrium und Methylglucaminsalz der N,N-Diacetyl-3,5-diamino-2,4,6-trijodbenzoesäure |

Propyliodon wurde vor der Injektion zu gleichen Teilen mit Wasser versetzt. Die oben angeführten Maßzahlen für die injizierten Kontrastmittelmengen beziehen sich auf das dadurch erzielte Volumen. Nach ihrem physiko-chemischen Verhalten

sind Biligrafin, Conray, Endografin und Urografen als gut wasserlösliche Kontrastmittel zu bezeichnen. Bei Propyliodon handelt es sich um eine in Wasser nur sehr gering lösliche Substanz. Patopaque steht nach seinem Verhalten den ölligen KM nahe, deren klassischer Vertreter Lipiodol darstellt.

Die zur Injektion der KM und der Kontrollaufnahmen erforderliche Narkose wurde mit Äther durchgeführt. Mehrere Tiere verstarben in der Narkose, meist in einem fortgeschrittenen Stadium der Untersuchung und konnten deshalb nicht weiter beobachtet werden.

Von jedem Tier wurden vor der Injektion des KM in p.a. und lateraler Lage, im weiteren Verlauf der Untersuchung mehrere Röntgenaufnahmen im selben Strahlengang zur Beobachtung und Dokumentation des Kontrastmittelverhaltens angefertigt. Anzahl, zeitlicher Abstand und technische Daten der Kontrollaufnahmen wurden nach den jeweiligen Erfordernissen variiert. Bei Verwendung gut wasserlöslicher KM erfolgten die Aufnahmen in Abständen von wenigen Minuten bis Stunden. Die in Wasser schwer- oder unlöslichen KM wurden zunächst auf Form und Lokalisation des gesetzten Depots hin überprüft. Die weitere Beobachtung erfolgte durch Aufnahmen in Abständen von Stunden bis Tagen. Die Beobachtungsdauer war von der Geschwindigkeit der Kontrastmittelresorption abhängig und betrug zwischen 1 Stunde und maximal 3 Wochen.

Die Röntgenaufnahmen wurden mit Zielgeräten angefertigt, die mit einer Feinfokus-Röntgenröhre ausgestattet waren. Als Filmmaterial wurden die in der radiologischen Diagnostik üblichen Folienfilme benützt. Die Röhrenspannung betrug 40 bis 50 KV. Röhrenstrom und Belichtungszeit wurden durch die Belichtungsautomatik geregelt unter Vorwahl von 200 mA und 0,1 sec. Bei mehreren Versuchsreihen wurden die Tiere auf nicht Röntgenschaten gebendes Material gelagert um den Abstand zwischen Objekt und Film zu verringern und dadurch die Bildschärfe zu erhöhen.

Ergab sich anhand der Kontrollaufnahmen der Verdacht auf eine KM-Füllung von Lymphbahnen, so wurden die Tiere in der Narkose getötet und autoptisch untersucht. Falls erforderlich wurden dabei die eröffnete Pleura- oder Peritonealhöhle unter fließendem Wasser mit einem Tuch von KM-Auflagerungen gereinigt und die Kadaver oder eviscerierten Organe nachdurchleuchtet.

Eine histologische Untersuchung wurde bei 9 Tieren angeschlossen und zwar in jedem Fall dann, wenn durch die genannten Maßnahmen nicht eindeutig zu sichern war, daß die dargestellten Strukturen durch KM-Ablagerungen außerhalb von LK oder LG hervorgerufen wurden. Das an entsprechender Stelle entnommene Material wurde in einer 5 % Formalinlösung konserviert, nach der Gefrierschnittechnik in typischer Weise weiter verarbeitet und mit Haematoxylin-Eosin gefärbt. Daneben wurde eine Fettfärbung mit Sudan III-Lösung durchgeführt. Wegen der geringen Größe der Materialproben ergaben sich bei der Aufarbeitung am Gefriermikrotom meist erhebliche technische Probleme. Außerdem konnten häufig keine LK angeschnitten werden. Bei Verwendung wasserlöslicher KM wurde auf eine histologische Untersuchung meist verzichtet, da erwartet werden mußte, daß diese KM während des Fixations- und Färbeproganges aus dem zu untersuchenden Material herausgelöst würden.

2. Ergebnisse

Die Ergebnisse einer Versuchsreihe mit ein und demselben KM waren gut miteinander vergleichbar. Die erhobenen Befunde können deshalb an je einem Beispiel, das als repräsentativ für das jeweilige KM ausgewählt wurde, dargestellt werden.

Biligradin forte 0,5 ccm intrapleural

1 Minute p.i.: Auf der Seite der Injektion (links) erheblicher Pneumothorax. KM in Form leicht unscharf begrenzter Schlieren und Streifen über der kollaptischen Lunge, der seitlichen Thoraxwand, im Stichkanal, auf dem Zwerchfell beider Seiten und von dort nach oben aufsteigend in paravertebralen Pleurafalten. Außerdem geringe KM-Anreicherung in zeltförmig zum Lungenhilus ziehenden Pleurafalten.

3 Minuten p.i.: Deutliche Abnahme der KM-Dichte und KM-Schärfe. Zunehmende KM-Anreicherung über der rechten Zwerchfellseite, dem hinteren Recessus und der paravertebralen Pleurafalte. KM über der rechten lateralen Thoraxwand. Ein kleiner Abschnitt des Dünndarmes mit KM gefüllt.

10 Minuten p.i.: Weitere Abnahme der KM-Dichte und KM-Schärfe im Thoraxbereich durch Resorption, diffuse Verteilung und Verdünnung des KM durch Flüssigkeitseinstrom in den Pleuraraum. KM-Konturierung der Thoraxorgane und des beidseitigen Pneumothorax. Noch dichtes KM-Depot an der Stelle der Injektion im seitlichen oberen Thoraxbereich wahrscheinlich intramural gelegen. KM in einem größeren Abschnitt des Darmlumens. Fragliche geringe KM-Anreicherung in der Harnblase und fragliche KM-Darstellung der Nieren.

30 Minuten p.i.: Dichte KM-Anreicherung in der Harnblase. Auf der p.a.-Aufnahme rechts paravertebral bandförmige KM-Kontur, bei der es sich um die Gallenblase handeln könnte. Innerhalb des Pleuraraumes weitere Konzentrationsverminderung des KM, das vorwiegend über dem Zwerchfell und den hinteren Recessus gelegen ist.

60 Minuten p.i.: Weitgehende Resorption des KM aus dem Pleuraraum. KM-Darstellung von Darmschlingen, der Harnblase und fraglich auch der Nieren.

2 1/2 Stunden p.i.: Reichlich KM in Darmschlingen und Harnblase. Vollständige Resorption des KM aus dem Pleuraraum. Pneumothorax nicht mehr sicher zu erkennen.

Während der gesamten Beobachtungsdauer kamen keine Strukturen zur Darstellung die KM gefüllten LK oder LG entsprachen.

Biligradin_forte_0,5_ccm_intraperitoneal (nur p.a.-Aufnahmen)

1 Minute p.i.: Injektion eines Teiles des KM in das Magencorpus. Innerhalb der freien Bauchhöhle Verteilung des KM auf der peritonealen Oberfläche mit unterschiedlicher Dichte. Die Begrenzungen des Peritonealraumes dadurch streckenweise gut abgrenzbar, während die intraabdominellen Organe nur schemenhaft konturiert sind.

10 Minuten p.i.: Erhebliche Abnahme der intraperitonealen KM-Menge. Schwache KM-Darstellung der Harnblase.

20 und 30 Minuten p.i.: Weitere starke Abnahme der KM-Konzentration innerhalb des Peritonealraumes. Deutliche Blasenfüllung, beginnende Füllung von Dünndarmschlingen mit KM.

40 und 60 Minuten p.i.: KM-Füllung größerer Darmabschnitte. Weitgehende Resorption des KM aus der freien Bauchhöhle. Im Magen unverändert großes KM-Depot.

3 Stunden p.i.: Vollständige Resorption des KM aus dem Peritonealraum. Füllung von ausgedehnten Darmabschnitten mit KM.

36 Stunden p.i.: Unverändertes KM-Depot im Magen. Daneben lediglich noch KM im Dickdarm nachweisbar.

Strukturen, die KM gefüllten LG und LK entsprachen, kamen nicht zur Darstellung.

Conray_1,0_ccm_intrapleural

20 Sekunden p.i.: (p.a.-Aufnahme) KM auf der Seite der Injektion (rechts) in dichten Schlieren vorwiegend über dem unteren Recessus, dem Zwerchfell, der Pleurakuppel und den

unteren Partien der leicht kollabierten Lunge. Rechts paravertebral von BWK 3-12 längsverlaufender, an seinem oberen Ende breiter, insgesamt relativ scharf begrenzter KM-Streifen in einer Umschlagsfalte der Pleura. Vordringen des KM auf die kontralaterale Seite der Injektion.

1 Minute p.i.: Ein großer Teil des KM auf dem Zwerchfell beider Seiten verteilt. Außerdem reichlich KM im Bereich der unteren Hälfte der paravertebralen Pleurafalten. Die Begrenzungen des Thoraxraumes und der Thoraxorgane vor allem rechts durch KM-Auflagerungen gut erkennbar. Zeltförmig angeordnete KM-Streifen vom Diaphragma zum Pericard bzw. zur Lungenwurzel bedingt durch KM-Kontrastierung entsprechender Pleurafalten. KM-Verdichtung mit zentraler Aufhellung auf der seitlichen Aufnahme im mutmaßlichen Bereich des Lungenhilus. Zunahme des Pneumothorax rechts und hochgradiger Pneumothorax links. Kleiner KM-Fleck im Stichkanal der Thoraxwand in Höhe des 4.BWK rechts.

3 und 5 Minuten p.i.: Gute KM-Konturierung der Thoraxorgane, des Pleuraraumes und des beidseitigen Pneumothorax.

10 Minuten p.i.: Abnehmende KM-Schärfe durch geringe Abnahme der KM-Menge und durch zunehmend diffuse KM-Verteilung.

20 Minuten p.i.: Diffuse KM-Verdichtung über den Thoraxorganen, dem Zwerchfell und paravertebralen Raum. Leichte Abnahme des Pneumothorax. Rechts paravertebral in Höhe des 6.BWK kleine unscharf begrenzte fleckförmige KM-Ansammlung. Strukturen, die an LG oder LK erinnern sind nicht erkennbar.

40 Minuten p.i.: Weitere erhebliche Abnahme der KM-Dichte durch KM-Resorption, Flüssigkeitseinstrom und weiter zunehmender diffuser KM-Verteilung.

60 Minuten p.i.: Volumen des Pleuraergusses im Vergleich zur 40-Minuten-Aufnahme gleich oder gering vermehrt. Weitere Ver-

minderung der intrapleurale KM-Dichte. Durch KM und Pleuraerguß teils leberdichte Transparenzminderung des Pleuraraumes auf der p.a. Aufnahme. Strukturen, die an LG oder LK erinnern sind nicht zu erkennen.

Endografin 1 ccm intraperitoneal

1 Minute p.i.: Ausbreitung des KM innerhalb des gesamten Abdominalraumes. KM-Dichte links, der Seite der Injektion, etwas stärker als rechts. Die Begrenzungen des Peritonealraumes gut erkennbar. Die intraperitoneal gelegenen Organe, insbesondere Darmschlingen, Leber und Milz durch das umgebende KM in ihren Konturen sichtbar.

40 Minuten p.i.: Erhebliche Abnahme des diffus-fleckförmig verteilten KM im Bauchraum. KM in einzelnen Darmschlingen erkennbar. Die Harnblase dicht mit KM gefüllt.

3 Stunden und 45 Minuten p.i.: Sehr schwache diffuse Abschattung des Abdomens. Schwache KM-Anfärbung der Nieren. KM-Ansammlungen in Darmschlingen deutlicher. KM-haltiger Urin in der halb entleerten Blase, in der Harnröhre und auf dem Tisch.

15 Stunden p.i.: Vollständige Elimination des KM aus dem Peritonealraum. KM lediglich noch in der Harnblase nachweisbar.

Strukturen, die KM-gefüllten LG oder LK entsprachen, waren nicht zu erkennen.

Endografin 0,5 ccm intrapleural

1 Minute p.i.: Auf der Seite der Injektion (rechts) schlierenförmige KM-Ablagerung im vorderen, seitlichen und hinteren Recessus und in Pleurafalten entlang der unteren BWS. KM-Reste im Stichkanal des Weichgewebes. Mäßiggradiger Pneumothorax.

3 Minuten p.i. (seitliche Aufnahme): Ausbreitung des KM bis zur Pleurakuppel. Größere KM-Mengen im seitlichen Recessus und in den Pleurafalten entlang der Wirbelsäule. Über den hinteren unteren Lungenpartien breite, teilweise unterbrochene KM-Streifen, die parallel der Wirbelsäule nach oben ziehen. Im unteren vorderen Halsbereich kalkdichte, kleine, kommaförmige Verschattung, bedingt durch die Überlagerung der Claviculae

10 Minuten p.i. (p.a. Aufnahme): KM auf der linken Seite des Thorax über dem Zwerchfell, der seitlichen Thoraxwand und dem Pericard. Auf der Seite der Injektion diffuse KM-Verteilung über den Thoraxorganen und der seitlichen Thoraxwand, insbesondere in deren unteren Bereich. Die Abgrenzungen einzelner Lungenlappen teilweise sichtbar. Je eine fleckige, unregelmäßig begrenzte, umschriebene KM-Verdichtung zu beiden Seiten von BWK 4.

12 Minuten p.i. (p.a. Aufnahme): Weitere Zunahme der diffusen KM-Verteilung innerhalb des Thoraxraumes. Erhebliche Abnahme der KM-Dichte. Diffuse KM-Anfärbung des Zwerchfells.

32 Minuten p.i.: Nur noch geringe KM-Mengen innerhalb des Thoraxraumes. KM im Dünndarm.

155 Minuten p.i.: Nahezu vollständige KM-Resorption. Ausgedehnte Dünndarmanteile mit KM gefüllt.

15 Stunden p.i.: Vollständige KM-Resorption. KM im Dickdarm.

Lipiodol ultrafluid 0,7 ccm intrapleural

1 Minute p.i.: KM-Depot in Form eines unregelmäßig begrenzten und ungleichmäßig dichten Filmes im seitlichen, vorderen und hinteren Recessus und über den unteren und seitlichen Lungenpartien. Pneumothorax mittleren Grades.

15 Minuten p.i.: Zunehmende KM-Verteilung in der Pleurahöhle der rechten Seite. KM-Ablagerung im medialen Anteil des hintere-

ren Recessus, auch der linken Seite. Zwerchfellkuppel rechts durch KM-Auflagerungen deutlich konturiert. Streifenförmige KM-Verdichtung vom Lungenhilus nach unten, hinten und seitlich ziehend. Eine weitere, streifenförmige KM-Verschattung auf der p.a. Aufnahme, die vom Lungenhilus nach oben zieht, ist auf der seitlichen Aufnahme als breite Pleuraauflagerung zu identifizieren. Knapp stecknadelkopfgroße, längsovale KM-Verdichtung in Projektion auf BWK 3 retrosternal zwischen dem ventralen Ansatz der zweiten und dritten Rippe gelegen. Punktförmige KM-Verdichtung von etwa 2 mm Durchmesser rechts parasternal im oberen Bereich der Pleurakuppel.

45 Minuten p.i.: Parallel der fünften bis siebten Rippe rechts im Bereich der seitlichen Thoraxpartien, KM-Streifen von etwa 1,5 bis 2 cm Länge. Zunahme des Pneumothorax. Sonst im wesentlichen unveränderter Befund.

3 1/2 Stunden p.i.: KM über der linken Zwerchfellkuppel, dem Perikard und im Bereich des oberen Mediastinums der linken Seite. Das ursprünglich gesetzte KM-Depot in veränderter Form immer noch erkennbar. Der größte Teil des KM im vorderen, seitlichen und hinteren Recessus, parasternal und vor der Wirbelsäule bis zur Pleurakuppel ansteigend. Geringer Restpneumothorax.

20 Stunden p.i.: Verteilung des KM in beiden Pleurahöhlen in Form von ungleichmäßigen, streifen- und fleckförmigen, z.T. auch schlierigen Ablagerungen. Leitförmig von unten nach oben zum Lungenhilus verlaufende KM-Streifen. Größere KM-Mengen im hinteren und vorderen Recessus und in Pleurafalten parasternal und vor der Wirbelsäule.

Bei der danach durchgeführten Autopsie des Tieres fanden sich ausgeprägte entzündliche Veränderungen der gesamten Pleura und ein geringer Pleuraerguß beidseits. Nach der Reinigung der Pleurahöhle mit einem Tuch unter fließendem Wasser konnten am Tierkadaver und an den eviscerierten Organen bei der Nachdurchleuchtung keine KM-Rückstände festgestellt werden. Das aus dem oberen Mediastinum, dem Hilusbereich paravertebral und aus dem vorderen Recessus entnommene Material

ließ histologisch keine KM-Ablagerungen im subpleuralen Gewebe oder in Lymphbahnen erkennen.

Pantopaque_0,5_ccm_intrapleural

10 Sekunden, 1 und 4 Minuten p.i.: Auf der Seite der Injektion (rechts) KM-Depot in Form relativ scharf begrenzter, teils ausgedehnter, fleckförmiger Auflagerungen über den seitlichen Lungenpartien, im seitlichen, vorderen und hinteren Recessus, im Bereich der paravertebralen Umschlagsfalte der Pleura, in geringem Maße auch an der seitlichen Thoraxwand. Erheblicher Pneumothorax.

10 Minuten p.i. (p.a.-Aufnahme): Umlagerung des KM im rechten unteren Thoraxbereich. Über der teilweise kollabierten Lunge KM-Auflagerungen, nach caudal zu in Form von zwei ineinander übergehenden breiten, bogenförmigen, unscharf begrenzten KM-Verdichtungen. Zwei KM-Streifen, die von oben in Richtung auf den mutmaßlichen Lungenhilus ziehen. Dort sowie in Höhe des zweiten und dritten BWK rechts paramedian je ein rundlicher, unscharf begrenzter KM-Fleck von etwa Glasstecknadelkopfgröße. Abnahme des Pneumothorax der rechten Seite.

30 Minuten p.i. (p.a.-Aufnahme): Diffus-fleckige, sehr unregelmäßig und unscharf begrenzte KM-Verdichtung von etwa 7 mm Durchmesser in Projektion auf BWK 5 und 6. Der zuvor paramedian rechts in Höhe von BWK 2 bis 3 erkennbare KM-Fleck projiziert sich jetzt auf BWK 1 bis 2, ist deutlich größer geworden und bizarr geformt. Lateral rechts in gleicher Höhe fleckförmige KM-Ablagerung an der Pleurakuppel. Von dort in Richtung Lungenhilus, längliche, fleckförmige KM-Verdichtung anstelle der auf der 10-Minutenaufnahme erkennbaren KM-Streifen. Zwei dünne, scharf konturierte KM-Linien von 12 mm Länge rechts paravertebral in Höhe des fünften bis neunten BWK.

65 Minuten p.i.: KM-Übertritt im Bereich des vorderen Recessus und über dem Pericard auf die linke Thoraxseite. Die auf den Voraufnahmen sichtbare breite, bogenförmige KM-Verdichtung jetzt mit hoher Wahrscheinlichkeit zu identifizieren als größere KM-Ansammlung an der Berührungslinie der Pleura visceralis mit der vorderen Thoraxwand (Begrenzungslinie des Pneumothorax). Sie steigt bis zur Pleurakuppel auf unter Einbeziehung der dort früher erkennbaren, kleinen, fleckförmigen KM-Verdichtungen. Größere KM-Ansammlungen auch im hinteren Recessus und den Pleurafalten entlang der unteren BWS. Dadurch bedingt auf der p.a.-Aufnahme paravertebraler KM-Streifen, der etwa in Höhe des Lungenhilus in einem unscharfen, glasstechnadelkopfgroßen, auf der seitlichen Aufnahme nicht sicher identifizierbaren großen KM-Fleck endet.

4 Stunden 15 Minuten p.i.: Größter Teil des KM im hinteren und seitlichen Recessus. Weitere Ausbreitung des KM im vorderen Recessus und auf dem Zwerchfell der linken Thoraxseite. Zarte, bogenförmige KM-Linie entlang der linken seitlichen Thoraxwand und der fünften dorsalen Rippe links zum Mediastinum.

6 Stunden p.i.: Keine wesentliche Befundänderung.

15 Stunden p.i.: Konturierung median gelegener Thoraxorgane durch ungleichmäßig verteilte KM-Auflagerungen.

4 Tage p.i.: Mäßiggradige Abnahme der KM-Dichte. KM-Ablagerungen vorwiegend im Bereich der vorderen und hinteren Recessus und über den median und rechtsseitig gelegenen Thoraxorganen. KM-Streifen von ca. 6 mm Länge in einer Pleurafalte vor dem dritten und vierten BWK. Immer noch beträchtlicher Pneumothorax. Im unteren vorderen Halsbereich eine kleine fleckförmige, dichte Verschattung. Eine zweite Aufnahme in gering veränderter Position zeigt, daß es sich hierbei um einen Überlagerungseffekt durch die Claviculae handelt.

Bei der Autopsie des Tieres fanden sich mäßiggradige entzündliche Veränderungen im Bereich der gesamten Pleura. Nach der

Reinigung der eröffneten Pleurahöhle von KM-Resten waren bei der anschließenden Durchleuchtung keine KM-Rückstände zu erkennen. Bei der histologischen Untersuchung von Material aus dem vorderen und hinteren Mediastinum konnten keine LK angeschnitten werden.

Propylidon 0,5 ccm intrapleural

1 und 15 Minuten p.i.: Auf der Seite der Injektion (links) fein- bis grobfleckige, dichte KM-Ablagerungen auf der Pleura pulmonalis, in geringem Maße auch auf der Pleura parietalis, vorwiegend im Bereich der seitlichen, unteren Thoraxpartien. Hauptdepot des KM in der Form ähnlich einem Pleuraerguß, auf der p.a. Aufnahme seitlich bogenförmig vom Zwerchfell bis in Höhe des 5. BWK aufsteigend. Fleck- und streifenförmige längsverlaufende KM-Ablagerung in Höhe des 9.-12. BWK in Pleurafalten des hinteren Mediastinums. Kleiner spaltförmiger Pneumothorax.

3 Stunden p.i.: KM-Depot im Vergleich zu den Voraufnahmen leicht verbreitert, unregelmäßig begrenzt und zerrissen. Zunehmender mäßiggradiger Pneumothorax auf der Seite der Injektion.

5 Stunden p.i. (p.a.-Aufnahme): Geringe Verlagerung des KM nach caudal und Ausbreitung auf dem Zwerchfell bis zur Medianlinie. Verbreiterung des linksseitigen Pneumothorax. Der damit verbundene Kollaps der linken Lunge und die Flächenverkleinerung der Pleura pulmonalis läßt die KM-Auflagerung dichter erscheinen.

15 Stunden p.i. (p.a.-Aufnahme): Deutliche Abnahme der intrapleurale KM-Menge. Konturierung der unteren und seitlichen Pericardbegrenzung. Diffuse, wahrscheinlich durch Weichteilüberlagerung nicht ganz homogene Verschattung des Peritonealraumes, in geringem Maße auch des übrigen Weichgewebes.

4 Tage p.i.: KM vollständig resorbiert. Keine KM-Rückstände erkennbar. Normale Transparenz des Peritonealraumes.

Bei der Sektion des Tieres fanden sich deutliche entzündliche Pleuraveränderungen und zwar auch auf der kontralateralen Seite der Injektion.

Urografen 1 ccm intraperitoneal (p.a.-Aufnahmen, rechtes Tier)

1 Minute p.i.: KM teils in dicken Schlieren, teils diffus über den Bauchraum verteilt. Die Zwerchfellbegrenzungen klar konturiert, möglicherweise bedingt durch KM-Anreicherungen innerhalb des Diaphragmas. Streifige längsverlaufende KM-Verdichtung auf den hinteren Zwerchfellpfeilern. Die Umrisse der intraperitonealen Organe, insbesondere des Darmes auf der Seite der Injektion, durch KM-Auflagerungen zum Teil gut erkennbar.

7 Minuten p.i.: Geringfügige Dichteabnahme der KM-Schlieren und zunehmende diffuse KM-Verteilung. Beginnende Füllung der Blase mit KM.

15 Minuten p.i.: Zunehmend diffuse Transparenzminderung des Peritonealraumes. Abnahme der Dichte schlierenförmiger KM-Ablagerungen und des Zwerchfells. Konturen intraperitoneal gelegener Organe nicht mehr so deutlich erkennbar. Stärkere Blasenfüllung.

25 und 35 Minuten p.i.: Geringe diffuse Transparenzminderung des Thoraxraumes. Gering verminderte KM-Dichte innerhalb des Peritonealraumes. Dort diffuse und unscharf fleckige KM-Verteilung, die im Vergleich zur 15-Minuten-Kontrolle an Homogenität weiter zugenommen hat.

60 Minuten p.i.: Deutliche Abnahme der KM-Dichte innerhalb des Peritonealraumes.

90 Minuten p.i.: Der größte Teil des intraperitoneal injizierten KM resorbiert. Darstellung beider Nieren und kontrast-

dichte Zeichnung der Nierenbecken und der Ureteren, die von hinten unten bogenförmig in der Nähe des Blasenhalbes in die Harnblase einmünden. KM innerhalb des Dünndarmes. Bei zwei weiteren Tieren derselben Serie, die gleichzeitig untersucht wurden, war die peritoneale KM-Resorption noch nicht so weit fortgeschritten, 25 Minuten p.i. KM im Dickdarm erkennbar.

VI. Diskussion

Die ersten Versuche, LG und LK röntgenologisch sichtbar zu machen, gehen auf die Zeit um 1930 zurück. Im Rahmen dieser Untersuchungen hatte man auch sehr bald begonnen, die röntgenologische Darstellbarkeit der abführenden Lymphwege von Pleura und Peritoneum zu prüfen. Die Technik, die dazu damals und bis in die neuere Zeit angewendet wurde, war einfach. Die KM wurden intracavitär injiziert, in der Vorstellung, die eingebrachten Substanzen würden über die entsprechenden Lymphwege resorbiert.

Tatsächlich rechtfertigt das resorptive Verhalten von Pleura und Peritoneum ein derartiges Vorgehen. Die von uns überprüfte einschlägige Literatur zeigt, daß Kolloide, kleine Partikel, wahrscheinlich auch fettige bzw. ölige Substanzen, nicht jedoch niedermolekulare, gut diffusible, wässrige Lösungen nach ihrer Passage durch die mesotheliale Membran ausschließlich oder bevorzugt von den Lymphkapillaren aufgenommen und in LG transportiert werden. Verschiedene Faktoren, z.B. Atmung und örtliche Verträglichkeit beeinflussen diesen Vorgang.

Nicht alle Abschnitte der Pleura und des Peritoneums sind jedoch an der Resorption der oben genannten Substanzen in gleicher Weise beteiligt. Sie werden vielmehr über bestimmten Bezirken der serösen Häute bevorzugt aufgenommen. Für die Peritonealhöhle stellt, trotz einiger Widersprüche in der Literatur, die Unterseite des Zwerchfells eine derartige Präedilektionsstelle der Resorption dar. Als weiterer Transportweg der resorbierten Substanzen dürfen deshalb die abführenden Lymphwege des Zwerchfells angenommen werden. Diese Lymphwege deren röntgenologische Darstellung nach der intraperitonealen Injektion bestimmter KM somit noch am ehesten erwartet werden darf, sind durch anatomische Untersuchungen

ausreichend bekannt. Sie sollen wegen ihrer Bedeutung im Folgenden noch einmal zusammenfassend dargestellt werden.

Das Netz aus LG und Lymphkapillaren an der Unterseite des Zwerchfells anastomosiert über rami perforantes mit einem ähnlich aufgebauten Netz an der thoracalen Zwerchfellseite. Von dort wird die Lymphe vor allem über die retrosternalen LG und LK entlang der Vasa mammariae internae nach oben weitergeleitet und ergießt sich zum großen Teil in den Truncus lymphaticus dexter, der etwa 80 % der gesamten Zwerchfelllymphe aufnimmt (27 a). Diese paarig angelegten retrosternalen Lymphbahnen besitzen in Höhe des Manubrium sterni Querverbindungen, durchsetzen in ihrem weiteren Verlauf die tiefen seitlichen unteren Hals-LK und münden zum Teil auch in den Ductus thoracicus, kurz vor dessen Eintritt in den Venenwinkel. Einen weiteren Abflußweg stellen die Lnn. mediastinales anteriores entlang der Nn. phrenici dar. Ihre Vasa efferentes münden entweder direkt in einen der beiden Venenwinkel oder in einen der großen terminalen Lymphstämme. Die abführenden Lymphwege der hinteren Zwerchfellanteile stehen sowohl zu LK im Bauchraum als auch zu solchen im hinteren Mediastinum in Verbindung. Im Bauchraum sind das Knoten auf den Zwerchfellpfeilern, um den Ösophagus und die obere Bauchaorta. Beziehungen zu dem LK am Magen und zu den Lnn. coeliaci sollen bestehen. Im hinteren Mediastinum passiert die Lymphe zunächst die unteren, dann die oberen Knoten um Ösophagus und Aorta. Ihre vasa efferentes münden zum kleineren Teil in die Lnn. tracheobronchiales, die ihrerseits in die Gefäße der Venenwinkel über eigene Sammelgefäße einmünden, in die die Lnn. paratracheales noch dazwischengeschaltet sind.

Es stellt sich die Frage, wie weit die verschiedenen Abflußwege der Zwerchfellunterseite durch die Aufnahme von KM aus dem Bauchraum bei früheren Untersuchungen röntgenologisch tatsächlich sichtbar gemacht werden konnten und ob darüber

hinaus noch andere Lymphbahnen zur Darstellung gelangten. Eine Gegenüberstellung des anatomischen Befundes mit röntgenologischen Untersuchungsergebnissen an Hand der Literatur wurde bisher noch nicht vorgenommen und soll hier deshalb erfolgen.

Es zeigt sich, daß am häufigsten, und zwar in mehr als 3/4 der Fälle, eine KM-Verschattung des Diaphragmas und der retrosternalen Lymphbahnen angegeben wurde. Am Zwerchfell konnte nach dessen Evisceration ein Netz aus radiär angeordneten LG nachgewiesen werden (21 a, 8). Andere Autoren beschreiben an Übersichtsaufnahmen relativ grobe Sammelgefäße (48), Linien, die der Zwerchfellkontur folgten (86), oder lediglich eine diffuse Zwerchfellverschattung (62, 87 a). Die retrosternalen LG und LK boten von allen Strukturen, die als Lymphbahnen gedeutet wurden, in der Regel den stärksten Kontrast. In der Verlängerung dieser retrosternalen Lymphbahn nach oben wurden von etwa der Hälfte der Untersucher LK im oberen Thoraxbereich beobachtet, die gelegentlich durch LG miteinander verbunden wurden und deren Zuordnung auf Grund der Beschreibungen und Abbildungen Schwierigkeiten bereitete. Wahrscheinlich handelte es sich dabei zum größeren Teil noch um retrosternale Knoten, doch sind hierbei offenbar auch mediastinale und untere Hals-LK beschrieben worden. Außerdem wurden die vorderen mediastinalen, supraclaviculären oder cervicalen Lymphwege manchmal ausdrücklich erwähnt. Bei einem Kaninchen war nach der Applikation von Thorotrast eine Reihe kleinster, punktförmiger Verschattungen, die durch feine Linien verbunden waren, zu beiden Seiten des Halses bis zum Atlanto-Occipital-Gelenk zu sehen (86).

Angaben über die Darstellung von Lymphwegen im hinteren Mediastinum finden sich bei etwa einem Viertel der Autoren. Nach den Untersuchungen von Olin und Saldeen (101) an Ratten war ein paravertebrales Gefäß rechts in drei Viertel, das entsprechende der linken Seite in einem Drittel der Fälle zu

sehen. Menville und Ané (87 d) glaubten, nach der Lage der Verschüttungen tracheobronchiale, paratracheale und paraösophageale Knoten unterscheiden zu können. Von einem Viertel der Untersucher wurde auch über die Sichtbarmachung von milären LK berichtet. Immerhin hat dort Kirchweir (62) bei der Bestimmung des Jodgehalts nach einer intraperitonealen Jodsalzjektion die höchste Jodkonzentration festgestellt.

Ebenso häufig wurde die Darstellung intercostaler Lymphbahnen erwähnt.

Auch unterhalb des Zwerchfells wurden von verschiedenen Autoren kontrastmittelfüllte Lymphbahnen beschrieben. Bei den Untersuchungen von Foxeranz (107) kamen sämtliche LK des Bauchraumes zur Darstellung. Olin und Saldeen (101) beobachteten an Ratten im Retroperitoneum links in allen, rechts in drei Vierteln der Fälle jeweils ein LK. Sie führten das KM zu intestinalen Knoten und zu Knoten um die Cisterna chyli, die bei 80 - 90 % der Tiere gut zu erkennen waren. Gelegentlich ließen sich nach diesen Autoren auch die tributären LK der Nieren und mesenteriale LK nachweisen.

Weitgehendes Interesse hat auch die Lagerung der Tiere in bezug auf den Resorptionsort und die weitere Abflussbahn von Bedeutung. Duranteau und Mitarbeiter (31) berichteten, daß bei Rückenlage der Tiere das KM zum Teil auch über die Lnn.coeliaci und den Ductus Thoracicus abgeführt wurde, während es sich bei normaler Bauchlage an der Wand des Oberbauches und unter dem vorderen Zwerchfell ansammelte und dann die retrosternalen Lymphwege anfüllte.

Von den großen Lymphströmen, war lediglich bei einer Untersuchungstreife der Anfangsteil des Ductus thoracicus inkonstant sichtbar (11). Ein anderer Autor erwähnt rhythmische Kontraktionen des Ductus lymphaticus cervicale bei der Entleerung des KM in den Venenwinkel (38).

Besonders hervorzuheben sind die Angaben über die Darstellung von cervicalen (86), mesenterialen (101, 107) und renalen LK (101) sowie von intercostalen LG. Diese Lymphbahnen sind nach den bisherigen Kenntnissen am weiteren Transport der Lymphe von der Unterseite des Zwerchfells nicht unmittelbar beteiligt. Ihre Füllung mit KM konnte somit nicht ohne weiteres erwartet werden. Für die Darstellung mesenterialer und renaler LK könnten spezielle anatomische Gegebenheiten der verwendeten Versuchstiere, verantwortlich sein. Auch hat Odor (100) das Mesenterium als Ort mit deutlicher Fähigkeit zur Resorption beschrieben. Eine weitere mögliche Ursache für die Darstellung dieser Lymphbahnen ist in einem KM-Reflux in den LG entgegen der normalen Lymphströmungsrichtung zu sehen. Dieser Mechanismus dürfte wahrscheinlich auch für die Sichtbarmachung cervicaler LK und intercostaler Lymphbahnen verantwortlich sein.

Auch aus der Pleurahöhle werden kleine Partikel, kolloidale und fettige bzw. ölige Substanzen nicht an allen Abschnitten ihrer mesothelialen Bedeckung resorbiert. In der Literatur findet sich z.B. kein Anhalt für die Aufnahme der genannten Substanzen an der Oberfläche des Zwerchfells. Ebenso scheint die Pleura pulmonalis in dieser Beziehung keine wesentliche Bedeutung zu besitzen. Dagegen wurde am Mesothel des vorderen Mediastinums und an der Pleura costalis eine ausgeprägte resorptive Aktivität beschrieben. Über welchem der beiden letztgenannten Pleuraabschnitte der größere Teil der intracavitär injizierten Substanzen aufgenommen wird, ist an Hand der Literatur jedoch nur schwer zu klären. Immerhin darf vermutet werden, daß nach der intrapleurale Injektion von KM, vor allem die abführenden Lymphwege des vorderen Mediastinums und der Pleura costalis röntgenologisch zur Darstellung gelangen.

Von der Pleura costalis wird die Lymphe zunächst in größeren Gefäßen gesammelt, die parallel den Rippenrändern verlaufen und dann zu verschiedenen LK-Gruppen und Lymphstämmen abgeführt werden: Aus der Pleurakuppel in die tiefen Hals- und

Jugularis-LK, aus den vorderen Pleuraanteilen bis etwa zur mittleren Axillarlinie in die Lymphbahnen entlang der vasa mammaria und in die dort gelegenen Lnn.sternales, aus den hinteren Pleuraanteilen in die Lnn.intercostales in der Nähe der Rippenköpfchen. Außerdem bestehen über LG, die die Brustwand durchsetzen, Verbindungen zu den Lnn.axillares.

Aus dem vorderen Mediastinum wird die Lymphe durch LG und LK entlang der Nn. phrenici weitergeleitet; deren Verlauf wurde als Teil der abführenden Lymphbahnen des Zwerchfells bereits beschrieben.

Wie sich bei der Überprüfung der einschlägigen früheren Untersuchungen zeigt, konnten nach der Injektion von KM in den Pleuraspalt von den oben genannten Lymphbahnen die retrosternalen LK regelmäßig sichtbar gemacht werden. Sie wurden als rundliche oder ovale Verschattungen an der vorderen Thoraxwand beschrieben und stellten sich bei einer Versuchsreihe mit 6 bis 8 Knoten dar (19). Meldolesi und Coari (86) beobachteten einmal bei einem Kaninchen eine Verschattung in Höhe des Jugulums, die mit der vorderen Herzkontur durch zwei dünne Linien verbunden war. Eine Darstellung der vorderen mediastinalen LK wurde von der Hälfte der Untersucher angegeben. Etwa ebenso häufig gelang die Sichtbarmachung der intercostalen LG, für die Verbindungen zu den Gefäßen des Zwerchfells (Ratte) (87 c) beschrieben und zu Knoten an der Unterseite des Diaphragmas (Ratte) (87 c, 21 a) und im Retroperitonealraum (Hund, Kaninchen) (19, 21 a, 87 c) angenommen wurden. Auch die hilären LK konnten von der Hälfte der Autoren beobachtet werden. Capua (21 a) erwähnt relativ kleine rundliche Verschattungen an der Bifurkation der Trachea und Streifen, die auf seitlichen Aufnahmen wie die Fäden eines Spinnennetzes zum Lungenhilus hin konvergieren. Von Menville und Ané (87 c), die auf ihren Aufnahmen tracheale und tracheobronchiale LK unterschieden, wurde eine Resorption des KM durch die Pleura visceralis diskutiert. Die KM-Füllung des Ductus thoracicus wurde von Saito (117) angegeben. Dieser Autor hat auch feine Lymphbahnen beobachtet, die von der Thoraxwand zu Achsel-LK zogen.

Bei den von uns durchgeführten Untersuchungen konnten, in Abhängigkeit von der Art des intracavitär injizierten KM, folgende Phänomene beobachtet werden:

1. Die Ausbreitung des KM von dem gesetzten Depot und seine Verteilung innerhalb des Pleuraspaltes oder Peritonealraumes. Sie erfolgte bei gut wasserlöslichen KM innerhalb von Minuten. Auf Grund der offenen Verbindung zwischen den beiden Pleurahöhlen der Ratte wurde hierbei die kontralaterale Seite des Thoraxraumes ebenfalls mit einbezogen. Die Organe des Brust- oder Bauchraumes wurden dadurch meist von einem unterschiedlich dichten KM-Film überzogen und in ihren Konturen teilweise sichtbar. Die intracavitäre Applikation von KM wurde deshalb bereits als Verfahren zur röntgenologischen Darstellung der Pleura- bzw. Peritonealhöhle (Coeliographie) versucht (44X, 107X). Wasserunlösliche KM zeigten eine deutlich geringere Tendenz zur Ausbreitung. Ihre intracavitäre Verteilung war ungleichmäßig - grobfleckig und häufiger auf umschriebene Abschnitte der Pleura oder des Peritoneums beschränkt.

2. Die Verdünnung des KM durch Flüssigkeitseinstrom in die Pleura- oder Peritonealhöhle. Bei zahlreichen Untersuchungen mit wasserlöslichen KM nahm im Verlauf der Beobachtung das intracavitäre KM-Volumen zu, während gleichzeitig die KM-Dichte durch Resorption und Verdünnung abnahm. Der Einstrom von Flüssigkeit in eine intracavitär injizierte Lösung erfolgt dann, wenn diese Lösung im Vergleich zu den Elektrolyten des Plasmas relativ schlecht diffusible Bestandteile enthält (5 d). Da der Diffusionskoeffizient einer Substanz mit dem Molekulargewicht bzw. dem Molekylradius abnimmt (siehe dazu Kapitel III, 1, a), war diese Bedingung bei allen von uns verwendeten KM gegeben. Die KM-Verdünnung und die Zunahme der injizierten Volumens fand somit auch dann statt, wenn dies von uns röntgenologisch nicht erkannt wurde.

3. Die Resorption des KM aus dem Pleura- oder Peritonealraum. Ihre Dauer war abhängig von der Art des KM. Gut wasserlösliche KM wurden innerhalb von einer bis vier Stunden aus den serösen Höhlen eliminiert. Propyliodon benötigte hierzu zwei bis vier Tage. Pantopaque war nach zehn Tagen, Lipiodol nach drei Wochen noch nicht vollständig aus der injizierten serösen Höhle entfernt. Die Ausscheidung der wasserlöslichen KM erfolgte sowohl über die Niere als auch über die Leber, wobei von uns die KM-Füllung des Darmes als Exkretion durch die Leber gewertet wurde. Eine bevorzugte Ausscheidung von vorwiegend nieren- oder gallengängigen KM über die Niere oder die Leber war nicht sicher zu erkennen.

4. Eine entzündliche Reaktion der Pleura oder des Peritoneums auf die schwer resorbierbaren KM. Die stärksten entzündlichen Veränderungen rief Lipiodol Ultrafluid hervor. Auch Pantopaque, in geringerem Maße Propyliodon führten zu einer pleuralen oder peritonealen Reizung. Über eine lokale Unverträglichkeit intracavitär injizierter KM wurde bereits von früheren Autoren berichtet (31, 62, 63).

Bei unseren Untersuchungen verursachten die wasserlöslichen KM keine derartige Reaktion doch sind nach deren intracavitären Applikation entzündliche Veränderungen an Pleura und Peritoneum histologisch belegt (84).

5. Strukturen, die kontrastmittelgefüllten Lymphbahnen entsprachen, konnten röntgenologisch nicht nachgewiesen werden. Nicht selten zeigten sich jedoch in der injizierten Pleura- oder Peritonealhöhle fleck- und streifenförmige Verschattungen, die eine gewisse Ähnlichkeit mit LK und LG aufwiesen. Bei der Autopsie dieser Tiere fanden wir, daß sich das KM in Falten und Aussackungen dieser Höhlen oder in kleinen herdförmigen Bezirken auf der Serosa angesammelt hatte. Eine röntgenologische Darstellung von abführenden Lymphbahnen der Pleura oder des Peritoneums konnte demnach nicht erreicht werden. In den von uns histologisch untersuchten LK waren KM-Depots nicht sicher nachweisbar.

Die negativen Ergebnisse unserer eigenen Untersuchungen stehen in Diskrepanz zu den positiven Befunden der meisten früheren Autoren. Als mögliche Ursache hierfür kann folgendes angeführt werden:

Bei der kritischen Betrachtung von Abbildungen früherer Autoren, fällt auf, daß hierbei manchmal die selben fleck- und streifenförmigen KM-Ablagerungen gezeigt wurde, die sich häufiger auch auf unseren Aufnahmen fanden. Für uns ergab sich somit der Verdacht, daß andere Untersucher verschiedentlich intracavitäre KM-Ablagerungen fälschlicherweise als LG und LK interpretierten. Die Abbildungen anderer Autoren ließen jedoch zweifelsfrei kontrastmittelgefüllte Lymphbahnen erkennen. Die Qualität der Darstellung erschien uns in manchen Fällen mit der einer direkten Lymphographie vergleichbar. Als Beispiel hierfür sei die Arbeit von Olin und Salden (101) angeführt. Außerdem konnten die dargestellten LK wiederholt als solche histologisch gesichert werden (19, 62, 101, 107).

Frühere Untersucher injizierten häufig bedeutend größere KM-Mengen und zwar bei der Ratte bis zu 5 ccm, bei Kaninchen bis zu 20 ccm (101, 8). Dies ist in bezug auf die KM-Dichte in den betroffenen Lymphbahnen und damit auch für deren röntgenologische Kontrastierung sicherlich von Bedeutung. Auf die Gewichtsverhältnisse eines 70 kg schweren Menschen übertragen müßten dann allerdings 1750 ccm KM injiziert werden, um eine adaequate Dosis zu applizieren. Ungeklärt bleibt, warum in den LK der eigenen Versuchstiere, die nur zwischen 0,5 und 1,5 ccm des jeweiligen KM erhielten, auch histologisch KM nicht sicher nachzuweisen war.

Als KM wurde von früheren Autoren bevorzugt Thorotrast verwendet, mit dem in allen Fällen positive Ergebnisse zu erzielen waren. Die Berichte über eine röntgenologische Darstellung der abführenden Lymphwege der Pleura beziehen sich ausschließlich auf dieses KM. Auf Grund seiner cancerogenen Wirkung verbietet sich seine Anwendung in der Klinik. Es wurde daher von uns nicht mehr berücksichtigt. Jodsole (jodierte

Stearin- und Linolensäureäthylester) die intrapleural injiziert wurden, verklumpten, wurden ungenügend resorbiert und führten zu starken pleuralen Reizungen(62). Nach der Applikation dieser Substanz in den Peritonealraum konnten Cramer und Karpati (28) lediglich einige Kontrastlinien erkennen, die nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit LG zuzuordnen waren. Dagegen haben Buhr (18) und Kirchmair (62) nach der peritonealen Resorption von Jodsolen die Darstellung von LG und LK über dem Zwerchfell, dem oberen Thorax und im Bereich des Abdomens beschrieben. Über positive Befunde berichteten Lindgren et al. (75), Duranteau et al. (31) und Koehler et al. (63) auch mit Lipiodol bzw. Ethiodol. Diese öligen KM führten bei früheren Untersuchungen offenbar nur inkonstant zu einer Füllung von Lymphbahnen; sie waren hierzu weniger geeignet als Thorotrast. Dies muß auf die von uns und von anderen Autoren (62, 63) beobachtete lokale Unverträglichkeit dieser Substanzen zurückgeführt werden, da Entzündungsvorgänge an Pleura und Peritoneum die Resorption ungünstig beeinflussen und die injizierten Stoffe durch Verklebungen fixieren (6, 99). Starke lokale Entzündungen bei unseren Versuchstieren nach der Injektion von Lipiodol dürften auch für die fehlende oder ungenügende KM-Aufnahme und -Darstellung der Lymphbahnen bei unserer Versuchsreihe verantwortlich sein. Hochgradige, entzündliche Reaktionen erklären außerdem, daß Bariumsulfat nach der intracavitären Applikation von früheren Autoren nur ausnahmsweise in Lymphbahnen röntgenologisch nachzuweisen war (8, 12, 75).

Sepsis erscheint uns bei der Mitteilung von Duranteau et al. (31) angebracht, daß mit der intraperitonealen Injektion von wasserlöslichen KM die Darstellung von Strukturen gelang, die denen von LK und Lymphstämmen glichen. Die untersuchten wässrigen KM-Lösungen diffundieren zwar sicherlich gleichermaßen in Blut- und Lymphkapillaren. Substanzen mit einem Molekulargewicht von zu 2300 (83), möglicherweise bis zu 17000 (20) durchdringen jedoch die Wand selbst großer LG wieder nach außen, um dann von den umgebenden Blutgefäßen aufgenommen zu

werden. Bereits vor Kenntnis dieser physiologischen Daten haben Malek und Mitarbeiter (79) ein entsprechendes Verhalten der wasserlöslichen KM bei der Lymphographie nachgewiesen. Die negativen Befunde der eigenen Versuchsreihen mit wässrigen KM-Lösungen waren daher zu erwarten und stimmen mit denen anderer Untersucher überein (8, 63, 75).

In den letzten Jahren ist es wiederholt gelungen, einen Teil der abführenden Lymphwege der Pleura und des Peritoneums anders als durch eine KM-Resorption aus den serösen Höhlen röntgenologisch sichtbar zu machen. Die experimentellen Bemühungen konzentrierten sich auf die retrosternalen und vorderen mediastinalen LK und LG wegen deren klinischer Bedeutung als Ausbreitungsweg von Tumormetastasen aus dem Bauchraum und beim Mammacarcinom. Methodisch geprüft wurden hierzu u.a. die direkte Lymphographie der Brust (59), die Injektion von KM in hiläre oder mediastinale LK transbronchial (125) und bei eröffnetem Thorax (146), die reversible Blockade des Ductus thoracicus mit einer Ösophagusballonsonde im Rahmen einer konventionellen Beinlymphographie (55) und die direkte laparoskopische Lymphographie der Leber (137). Es bleibt abzuwarten, ob sich aus diesen verschiedenen Ansätzen ein brauchbares Verfahren entwickelt, das sich in der Klinik behauptet.

Mit den eigenen experimentellen Untersuchungen glauben wir bewiesen zu haben, daß mit den z.Z. für den klinischen Gebrauch zur Verfügung stehenden KM eine ausreichende Darstellung von Lymphbahnen über eine KM-Resorption aus den serösen Höhlen nicht zu erreichen ist. Die von uns gegebene detaillierte Zusammenstellung der Literatur zum resorptiven Verhalten von Pleura und Peritoneum und die guten Ergebnisse früherer Autoren mit Thorotrast zeigen allerdings, daß dies grundsätzlich möglich ist und daß dieses methodische Verfahren experimentell weiter verfolgt werden sollte. Eine Lösung des behandelten Problems kann erhofft werden von der

Entwicklung eines KM, das nach unseren bisherigen Kenntnissen ähnlich wie Thorotrast kolloidale Eigenschaften besitzt, das ausreichend schnell und vollständig aus den serösen Höhlen resorbiert, überwiegend oder ausschließlich von LG aufgenommen und transportiert wird und das keine lokalen oder allgemeinen Nebenwirkungen zeigt.

VII. Zusammenfassung

Untersucht wurde, ob die röntgenologische Darstellung der abführenden Lymphwege von Pleura und Peritoneum über eine KM-Resorption aus dem Pleura- oder Peritonealraum zu erreichen ist. An Hand der Literatur wurden hierzu die anatomischen und physiologischen Gegebenheiten geprüft. Beschrieben wurden das Mesothel und diejenigen LG und LK, deren KM-Füllung aufgrund ihrer topographischen Beziehung zur Pleura- oder Peritonealhöhle gegebenenfalls erwartet werden konnte. Die detaillierte Darstellung der physiologischen Daten zeigte, daß intracavitär applizierte Kolloide und Partikel, zumindest in der Größenordnung von Erythrocyten, nach ihrer Passage durch das Mesothel ausschließlich oder bevorzugt von Lymphkapillaren aufgenommen und in LG transportiert werden; ein identischer Mechanismus darf auch für Fette angenommen werden. Niedermolekulare, gut diffusible Substanzen in wässriger Lösung werden durch das Blutgefäßsystem aus dem Pleura- und Peritonealraum resorbiert. Bei unseren tierexperimentellen Untersuchungen konnte mit z.Z. in der Klinik gebräuchlichen KM keine röntgenologische Darstellung von Lymphbahnen durch eine KM-Resorption aus den serösen Höhlen erreicht werden. Die eigenen negativen Befunde stehen in Diskrepanz zu positiven Befunden früherer Autoren. Die möglichen Ursachen hierfür werden diskutiert. Fortschritte bei der Lösung des behandelten Problems sind von der Entwicklung eines kolloidalen, lokal und allgemein gut verträglichen KM zu erwarten.

LITERATURVERZEICHNIS

- 1 Allen, L.:
 - a) The Peritoneal Stomata.
Anat. Rec. 67, 89, (1936)
 - b) On the Penetrability of the Lymphatics of the Diaphragm.
ebd. 124, 639, (1956)
- 2 Allen, L., Vogt, E.: A Mechanism of Lymphatic Absorption from Serous Cavity.
Am.J. Physiol. 119, 776, (1937)
- 3 Allen, L.; Weatherford T.: Role of Fenestrated Basement Membrane in Lymphatic Absorption from Peritoneal Cavity.
ebd. 197, 551, (1959)
- 4 Atkins, H.L., Hauser, W., Richards, P.: Visualization of Mediastinal Lymphnodes after Intraperitoneal Administration of ^{99m}Tc -Sulfur-Colloid.
Nuclear Medizin, 9, 275, (1970)
- 5 Aune S.:
 - a) Transperitoneal Exchange
I. Peritoneal Permeability Studied by Transperitoneal Plasma Clearance of Urea, PAH, Inulin and Serum Albumin in Rabbits.
Scand.J. Gastroent. 5, 85, (1970)
 - b) Transperitoneal Exchange
III. The Influence of Transperitoneal Fluid Flux on the Peritoneal Plasma Clearance of Serum Albumin in Rabbits.
ebd. 5, 161, (1970)
 - c) Transperitoneal Exchange
IV. The Effect of Transperitoneal Fluid Transport on the Transfer of Solutes.
ebd. 5, 240 (1970)
 - d) Transperitoneal Exchange
V. Net Water Shift Associated with the Exchange of Solutes between Blood and Intraperitoneal 5% Glucose Solution.
ebd. 5, 253, (1970)
- 6 Bingham, A.D., Magee P.N., Osborn S.B.: The Effect of Inflammation and other Factors on the Movement of Radioactive Glass Particles from the Peritoneal Cavity.
Brit.J. Exp. Path. 24, 1, (1953)

- 7 Baradi, A.F., Hope J.: Observations on Ultrastructure of Rabbit Mesothelium.
Exp. Cell. Res. 34, 33, (1964)
- 8 Barer, R.G.: Studio radiografico del drenaggio linfatico della cavit  peritoneale.
Minerva chir. (Torino), 16, 718 (1961)
- 9 Bartels, P.: Das Lymphgef ssystem.
In: Bardelebens Handbuch der Anatomie des Menschen. Band III/4.
Jena 1909
- 10 Bennett, H.St.: The Concepts of Membrane Flow and Membrane Vesiculation as Mechanisms for Active Transport and Ion Pumping.
J. biophys. biochem. Cytol. 2, 99, (1956) Suppl.
- 11 Benninghoff-Geertler: Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Herausgegeben von H. Ferner und J. Staube-sand. Band II.
Urban und Schwarzenberg. München-Berlin-Wien, 1971
- 12 Berdon, W.E., Baker, D.H. Poznanski, A.: Opacification of Retrosternal Lymph Nodes Following Barium Peritonitis.
Radiology 106, 171, (1973)
- 13 Berndt, W.O., Gosselin, R.E.: Differential Permeability of the Mesentery to Rubidium and Phosphate.
Am.J. Physiol. 202, 761, (1962)
- 14 Boen, S.T.: Peritoneal Dialysis in Clinical Medicine. American Lecture Series.
C.C. Thomas. Springfield, Illinois 1964
- 15 Boggan, R.P., Palfrey, A.J.: The Microscopic Anatomy of Human Lymphatic Trunks.
J.Anat. 114, 389, (1973)
- 16 Bradford, F.K., Johnson, F.C.: The Passage of Iron-labeled Erythrocytes from Subarachnoid Space, Aqueous Chamber and other Body Cavities of Dogs into the Systematic Circulation.
Surg. Gyn. Obstet. 115, 392, (1962)
- 17 Bucher, O.: Cytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen.
Verlag Huber. Bern, Stuttgart, Wien. 1972
- 18 Buhr, E.: Wie reagieren Tiere auf die Injektion von Jodsol in ser se Höhlen?
Diss. Hamburg 1939.
Zitiert nach Kirchmair H. (62)

- 19 Burke, E.H.: The Lymphatics which Drain the Potential Space between the Visceral and the Parietal Pleura.
Am.Rev. Tuberc. 79, 52, (1959)
- 20 Calnan, J.S., Rivero, O.B., Fillmore, S., Mercurius-Taylor L.: Permeability of Normal Lymphatics.
Brit.J.Surg. 54 278 (1967)
- 21 Capua, A.:
 - a) Sullo studio dei linfatici della pleura, del polmone e del pericardio per mezzo di thorotrast.
Radiologia medica (Torino) 21, 119 (1934)
 - b) Iniezioni di thorotrast colloidale nella cavità peritoneale per lo studio della diffusione del mezzo di contrasto per le vie linfatiche.
ibid. 21, 289 (1934)
- 22 Casley-Smith J.R.:
 - a) Endothelial Permeability - the Passage of Particles into and out of Diaphragmatic Lymphatics.
Quart.J.exp.Physiol. 49, 365, (1964)
 - b) An Electron Microscopical Study of the Passage of Ions through the Endothelium of Lymphatics and Blood Capillaries and through the Mesothelium.
ibid. 52, 105, (1967)
 - c) The Role of the Endothelial Intercellular Junctions in the Functioning of the Initial Lymphatics.
Angiologica 9, 106, (1972)
- 23 Cooray, C.R.: Defensive Mechanisms in the Mediastinum, with Special Reference to the Mechanics of the Pleural Absorption.
J.Pathol.Bact. 61, 551, (1949)
- 24a Cotran, R.S., Karnovsky, M.J.: Ultrastructural Studies on the Permeability of the Mesothelium to Horseradish Peroxidase.
J.Cell.Biol., 37, 123, (1968)
- 24b Cotran R.S., Nicca, Ch.: The Intercellular Localisation of Cations in Mesothelium.
Labor.Investig. 18, 407, (1968)
- 25 Courtice F.C., Harding, J., Steinbeck, A.W.: The Removal of Free Blood Cells from the Peritoneal Cavity of Animals.
Aust. J.exp. Biol.med. Sci. 31, 215, (1953)
- 26X Courtice, F.C., Morris, B.: The Effect of Diaphragmatic Movement on the Absorption of Protein and of Red Cells from the Pleural Cavity.
ibid. 31, 227, (1953)

- 26 Courtice, F.C., Simmonds, W.J.:
a) Absorption of Fluids from the Pleural Cavities of Rabbits and Cats. J.Physiol. 109, 117, (1949)
b) Physiological Significance of Lymph Drainage of the Serous Cavities and Lungs. Physiol. Rev. 34, 419, (1954)
- 27 Courtice, F.C., Steinbeck, A.W.:
a) The Lymphatic Drainage of Plasma from the Peritoneal Cavity of the Cat. Aust.J. exp.Biol.med.Sci. 28, 161 (1950)
b) The Rate of Absorption of Heparinized Plasma and of 0,9 p.c. NaCl from the Peritoneal Cavity of the Rabbit and Guinea Pig. ebd. 28, 171, (1950)
c) Absorption of Protein from the Peritoneal Cavity. J.Physiol. 114, 336, (1951)
- 28 Cramer, H., Karpati, A.: Lymphographie. Münch.Med.Wschr. 93, 265, 309, (1951)
- 29 Cunningham, R.S.: The Physiology of the Serous Membranes. Physiol.Rev. 6, 242, (1926)
- 30 Dahlgren, S.: Thorotrast Tumours - a Review of the Literature and Report of 2 Cases. Acta path. microbiol. scand. 53, 147, (1961)
- 31 Duranteau, M., Oury, F., Proux, Ch., Leger, L.: Essais de lymphographie abdomino-thoracique par injection intra-péritonéale de substances iodées. Presse Medicale 63, 1586, (1955)
- 32 Dybkowsky: Über Aufsaugung und Absonderung der Pleurawand. Berichte der sächs.Ges. der Wissenschaften 18, 191, (1866)
zitiert nach Hayek von, H. (47)
- 33 Efskind, L.: Untersuchungen über Anatomie und Funktion des Ductus thoracicus. Acta chir. scand. 84, 129, (1941)

- 34 Farris, E.J., Griffith, J.Q.: The Rat in Laboratory Investigation.
Hafner Publishing Company New York 1962
- 35 Fawcett, D.W.: The Cell. An Atlas of Fine Structure.
Saunders Co., Philadelphia, London 1966
- 36 Felix M.D., Dalton, A.J.: A Comparison of Mesothelial Cells and Macrophages in Mice after the Intraperitoneal Inoculation of Melanin Granules.
J.biophys.biochem.Cytol. 2, 109, (1956)
Suppl.
- 37 Fleiner, W.: Über die Resorption corpusculärer Elemente durch Lunge und Pleura.
Virchow's Archiv pathol.Anat. 112, 97, 282, (1888)
- 38 Florey, H.: Reaction of and Absorption by Lymphatics with Special Reference to those of the Diaphragma.
Brit.J.exp.Path. 8, 479, (1927)
- 39 Florey, H.W., Witts, L.J.: Absorption of Blood from the Peritoneal Cavity.
Lancet p. 1323, (1928)
- 40 Földi, M.: Erkrankungen des Lymphsystems.
Witzstrock, Baden-Baden/Brüssel 1971
- 41 Franke, K.: Über die Lymphgefäße der Lunge. Zugleich ein Beitrag zur Erklärung der Baucherscheinungen bei Pneumonie.
Dtsch.Z. Chir. 119, 107, (1912)
- 42 French, J.E., Florey, H.W., Morris, B.: The Absorption of Particles by the Lymphatics of the Diaphragm.
Quart.J.exp.Physiol. 45, 88, (1960)
- 43 Fries, B., Waldinger, G.: Absorption of Colloidal Au¹⁹⁸ from Peritoneum and Pleura and its Inhibition by Polyphloreitin Phosphate.
Acta Radiol. (Stockh.) 48, 113, (1957)
- 44X Gelfand, D.W.: Positive Contrast Peritoneography: The Abnormal Abdomen.
Am.J.Roentgen. 119, 190, (1973)
- 44 Gerthsen, Chr., Kneser, H.O.: Physik.
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1969

- 45 Göranson, L.R., Jonsson, K., Olin, T.: Transabdominal Roentgenologic and Scintigraphic Lymphography of the Ventral Mediastinum with Thorotrast and $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -S Colloid in the Rabbit.
Acta Radiol. (Diagn.) (Stockh.) 14, 737, (1973)
- 46 Hartl, H.: Permeabilitätsverminderung des Peritoneums durch Hyaluronidase-Hemmstoffe.
Wiener Med.Wschr. 110, 342, (1960)
- 47 Hayek von, H.: Die menschliche Lunge.
Springer Verlag Wien, Berlin 1953
- 48 Held, A.: Die Resorption von kolloidalem Thorium (Thorotrast) aus der Bauchhöhle.
Z. exp. Med. 80, 819, (1932)
- 49 Hoffmann, G.: Kurzer Abriß der Anatomie und Physiologie der Laboratoriumstiere.
VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 1956
- 50 Hoffmann, E.: Die Abflußwege der Lungenlymph und ihre Bedeutung für die Ausbreitung maligner Tumoren.
Bruhn's Beiträge zur klin.Chirurgie 199, 451, (1959)
- 51 Hort W.:
 - a) Untersuchungen an peritonealen Deckzellen.
Verh.Deutsch.Ges.Path. 50, 387, (1966)
 - b) Elektronenmikroskopische und lichtmikroskopische Untersuchungen am Peritoneum.
in: F.Scheler (Herausgeber), Peritonealdialyse.
Urban und Schwarzenberg, München-Berlin-Wien 1967
- 52 Joos, F., Roos, B., Burki, H., Burki, K., Laissue, J.: Umsatz, Proliferation und Phagocytose-tätigkeit der freien Zellen im Peritonealraum der Maus nach Injektionen von Polystyren-Partikeln.
Z. Zellforsch. 95, 68, (1969)
- 53 Jossifow, G.M.: Das Lymphgefäßsystem des Menschen.
Gustav Fischer Verlag Jena 1930
- 54 Juldaschew, I.J.: Die Lymph- und Blutgefäße des Peritoneum parietale des Menschen und seine Konstruktion.
Anat.Anz. 120, 127, (1967)

- 55 Junemann, A., Stauch G., Rürten-Rothes, R., Purschke R.:
Lymphographische Darstellung mediastinaler Lymphknoten beim Menschen durch endo-
ösophageale Blockade des Ductus thoracicus.
Röfo. 119, 410, (1973)
- 56 Karnovsky, M.F.: The Ultrastructural Basis of Transcapillary
Exchanges.
J.gen. Physiol. 52, 64, (1968)
- 57 Karnovsky, M.J., Shea, St.M.: Transcapillary Transport by
Pinocytosis.
Microvasc.Res. 2, 353, (1970)
- 58 Karsner H.T., Swanbeck, C.E.: The Removal of Particulate
Matter from the Pleura.
J.med.Res. 42, 91, (1920-1921)
- 59 Kett, K., Varga, G., Lukacs, L.: Direct Lymphography of the
Breast.
Lymphology, 1, 3, (1970)
- 60 Kinmonth, J.B.: a) Lymphangiography in Man.
Clin.Sci. 11, 13, (1952)

b) Lymphangiography in Clinical Surgery
and Particularly in Treatment of
Lymphoedema.
Ann. Roy. Coll. Surg. Engl. 15, 300,
(1954)
- 61 Kinmonth, J.B., Taylor, G.W., Haper, R.K.: Lymphangiography.
A. Technic for its Clinical Use in the
Lower Limb.
Brit.med.J. 1, 940, (1955)
- 62 Kirchmair, H.: Gezielte Injektion und Speicherung in
Lymphknoten.
Urban und Schwarzenberg. München-Berlin-
Wien 1949
- 63 Koehler, R.P.: Radiographic Visualization of the Sub-
sternal Lymph Nodes.
Radiology, 85, 565, (1965)
- 64 Lake, B.J., Simmonds, W.J., Steinbeck A.W.: The Effect of
Foreign Plasma on Capillary Permeability
in Unsensitized Animals.
Austr.J.exp.Biol.med.Sci. 31, 55, (1953)
- 65 Lang, J.: a) Über eigenartige Kapillarkonvolute der
Pleura parietalis. I.
Z.Zellforsch. 58, 487, (1962)

b) Über die Gefäße und die Zellen der
Milchflecken.
ebd. 66, 1, (1965)

- 66 Lang, J., Pichlmaier, H., Numberger J.: Über eigenartige Kapillarkonvolute der Pleura parietalis II.
ebd. 70, 114, (1966)
- 67 Langhammer, H., Büll, U., Pfeiffer, K.J., Hör, G., Pabst, H.W.: Experimental Studies on Lymphatic Drainage of the Peritoneal Cavity Using ¹⁹⁸Au-Colloid.
Lymphology 6, 149, (1973)
- 68 Langhammer H., Eisenburg, J.: Untersuchungen zur Lymphdrainage des Bauchraumes durch Scintigraphie der mediastinalen Lymphknoten mit Radiogold.
Fortschr. Med. 90, 773, (1972)
- 69 Langhammer H., Hör, G., Pabst, W., Hertel, E.: Scanning Mediastinal Lymph Nodes.
J. Nucl. Med. 10, 749, (1969)
- 70 Leak, L.V.: Electron Microscopic Observation on Lymphatic Capillaries and the Structural Components of the Connective Tissue-Lymph Interface.
Microvasc. Res. 2, 361, (1970)
- 71 Leak, L.V., Burke J.F.:
a) Studies on the Permeability of Lymphatic Capillaries During Inflammation.
Anat. Rec. 151, 489 (1965)
b) Ultrastructural Studies on the Lymphatic Capillary and the Adjoining Connective Tissue Area.
Am. J. Anat. 118, 785, (1966)
- 72 Leak, L.V., Kato, F.: Electron Microscopic Studies of Lymphatic Capillaries during Early Inflammation.
Lab. Investig. 26, 572, (1972)
- 73 Leckie, W.J.H., Tothill P.: Albumin Turnover in Pleural Effusions.
Clin. Sci. 29, 339, (1965)
- 74 Legrand, M., Pariente, R., André, J., Chrétien, J., Brouet G.: Ultrastructure de la plèvre pariétale humaine.
Presse Médicale 79, 2515, (1971)
- 75 Lindgren, J., Nagy, E.J. Virtama, P.: Drainage of Radiographic Contrast Media from the Abdominal Cavity.
Acta Radiol. (Diagn.) (Stockholm) 7, 481, (1968)

- 76 Lukas, G., Brindle, S.D., Greengard, P.: The Route of Absorption of Intraperitoneally Administered Compounds.
J.Pharmacol.exp.Therapeut. 178, 562, (1971)
- 77 Mac Callum, W.G.: On the Mechanism of Absorption of Granular Materials from the peritoneum.
Bull.Johns.Hopk.Hosp. 14, 105, (1903)
- 78 Macdougall, L.G.: Intraperitoneal Blood Transfusion in Child.
Brit.med.J. p.139, (1958)
- 79 Málek, P., Belán, A., Kolc, J.: Das verschiedenartige Verhalten von Kontrastmitteln in der Dynamik der Lymphographie.
Rad.Diagn. (Berlin) 2, 5, (1961)
- 80 Marx, M., Borst, R., Schmidt, W., Hermann, M.: Elektronenmikroskopische und histochemische Untersuchungen an den Gefäßen des Rattenmesenteriums.
Verh.Anat.Ges. 65, 441, (1970)
- 81 Mauss, H.J., Künkel, H.A.: Strahlenbiologische Untersuchungen mit chrommarkierten Erythrocyten. I. Zur Frage der intraperitonealen Bluttransfusion.
Strahlenther. 121, 281, (1963)
- 82 Maximow, A.: Gewebe der serösen Membranen. in:W.v.Möllendorf (Herausgeber) Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen Bd.II/1.
Springer Verlag Berlin 1927
- 83 Mayerson, H.S., Patterson, R.M., Mc Kee, A., Le Brie, S.J., Mayerson, P.: Permeability of Lymphatic Vessels.
Am.J.Physiol. 203, 98, (1962)
- 84 Mc Alister, W.H., Shackleford, G.D., Kissane J.: The Histologic Effects of some Jodine-Containing Contrast Media on the Rat Peritoneal Cavity.
Radiology 105, 581, (1972)
- 85 Mc Kee, F.W., Stewart, W.B.: Passage of Radioactive Erythrocytes from the Peritoneal Cavity into the Bloodstream during Experimental Ascites.
J.exp.Med. 91, 599, (1950)
- 86 Meldolesi, G., Coari, L.: L'ossido di torio come mezzo di contrasto radiagnostica per la studio della vie linfatiche.
Radiologia medica (Torino) 21, 522, (1934)
- 87 Menville, L.J., Ané, J.N.: A Roentgen-Ray Study in Absorbtion
a) of Thorium Dioxide from the Peritoneal Cavity of the Albino Rat.
Proc.Soc.exp.Biol.Med. 30, 28, (1932)

- b) Roentgenographic Visualization of Lymph Nodes and Vessels in the Human and in Laboratory Animals by Injection of Thorium Dioxide.
ebd. 30, 979, (1933)
- c) A Roentgen Study of the Absorbtion by the Lymphatics of the Thorax and Diaphragm of Thorium Dioxide Injected Intrapleurally into Animals.
Am.J.Roentgenol. 31, 166, (1934)
- d) Roentgen-Ray Visualization of Part of the Lymphatic System.
Radiology 23, 327, (1934)

- 88 Miller, W.S.: The Lung.
C.C.Thomas, Springfield, Illinois 1947
- 89 Mims, C.A.: The Peritoneal Macrophages of Mice.
Brit.J.exp.Pathol. 45, 37, (1964)
- 90 Miotti, R.: Die Lymphknoten und Lymphgefäße der weißen Ratte (*Rattus norvegicus* berkenhout, *Epimys norvegicus*).
Acta anat. 62, 489, (1965)
- 91 Mixter, R.L.: On Macrophagal Foci (Milky Spots) in the Pleura of Different Mammals, Including Man.
Am.J.Anat. 69, 159, (1941)
- 92 Moore, D.H., Ruska, H.: The Fine Struckture of Capillaries and Small Arteries.
J.biophys.biochem.Cytol. 3, 457, (1957)
- 93 Morris, B.:
 - a) The Effect of Diaphragmatic Movement on the Absorption of Protein and Red Cells from the Peritoneal Cavity.
Aust.J.exp.Biol.med.Sci. 31, 239, (1953)
 - b) The Absorption of Fatty Chyle and Artificial Fat Emulsion from the Peritoneal Cavity.
ebd. 34, 173, (1956)
- 94 Most, A.: Untersuchungen über die Lymphbahnen der oberen Thoraxapertur und am Brustkorb.
Arch.Anat.Phys., Anat.Abt. p.1, (1908)
- 95 Muscatello, G.: Über den Bau und das Aufsaugungsvermögen des Peritoneums.
Virchow's Archiv path.Anat. 142, 327, (1895)

- 96 Nagel, W., Kuschinsky, W.: Study of the Permeability of the Isolated Dog Mesentery.
Europ.J.Clin.Invest. 1, 149, (1970)
- 97 Newman, C.G.H.: Intraperitoneal Transfusion of Blood in a Child with Colley's Anaemia.
Lancet p.230, (1958)
- 98 Niessert, F.J.: Die intraperitoneale Bluttransfusion im Säuglingsalter.
Dtsch.med.Wschr. 78, 619, (1950)
- 99 Notkin, J.A.: Die Aufsaugung in den serösen Höhlen.
in: Virchow's Archiv path.Anat. 255, 471, (1925)
- 100 Odor, D.L.: Uptake and Transfer of Particulate Matter from the Peritoneal Cavity of the Rat.
J.biophys. and biochem.Cytol. 2, 105, (1956) Suppl.
- 101 Olin, T., Saldeen, T.: The Lymphatic Pathways from the Peritoneal Cavity: A Lymphangiographic Study in the Rat.
Cancer Res. 24, 1700, (1964)
- 102 Orlow, W.N.: Einige Versuche über die Resorption in der Bauchhöhle.
Pflüg. Arch.ges.Physiol. 59, 170, (1895)
- 103 Palade, G.E.: a) The Fine Structure of Blood Capillaries.
J.appl.Physics 24, 1424, (1953).
b) Transport in Quanta across the Endothelium of Blood Capillary.
Anat.Rec. 136, 254, (1960)
- 104 Pappenheimer, J.R.: Passage of Molecules through Capillary Walls.
Physiol.Rev.33, 387, (1953)
- 105 Pappenheimer, J.R., Renkin, E.M., Borrero, L.M.: Filtration, Diffusion and Molecular Sieving through Periferal Capillary Membranes. A Contribution for the Pore Theory of the Capillary Permeability.
Am.J.Physiol. 167, 13, (1951)
- 106 Pernkopf, E.: a) Topographische Anatomie. Band 1,1.
Urban und Schwarzenberg, Berlin-Wien 1943
b) ebd. Band 2,1

- 107X Piro, A.J., Hall, T.C., Lewis, J.L., Griffiths, C.T.: Use of Intracavitary Contrast Media in Patients with Neplastic Effusions. J.A.M.A. 206, 821, (1968)
- 107 Pomeranz, R.: Animal Experiments with Colloidal Thorium: A Study in Lymphatic Absorption. Radiology 23, 51, (1934)
- 108 Recklinghausen von, F.: Zur Fettresorption. Virchow's Archiv 26, 172, (1863)
- 109 Reese, R.S., Karnovsky, M.J.: Fine Structural Localization of a Blood-Brain Barrier to Exogenous Peroxidase. J.Cell.Biol. 34, 207, (1967)
- 110 Remmele, W., Brodersen, H.Chr.: Umfang und Wege der Resorption homologer Erythrocyten aus dem Bauchraum. Z.ges.exp.Med. 141, 201, (1966)
- 111 Rhodin, J.A.G.: An Atlas of Ultrastructure. Saunders Co, Philadelphia - London 1963
- 112 Riper van, D.C.: Fluid and Solute Shifts Across the Peritoneal Membrane. Am.J.Vet.Res. 27, 47, (1966)
- 113 Rochlin, D.B., Zill, H., Blackmore, W.S.: Studies of the Resorption of Chromium 51 Tagged Erythrocytes from the Peritoneal Cavity; the Absorption of Fluids and Particulate Matter from the Peritoneal Cavity. Surg.Gyn.a.Obstet. 107, 1, (1958)
- 114 Rouvière, H.: Anatomie des lymphatiques de l'homme. Masson, Paris 1932
- 115 Rusznyák, J., Földi, M., Szabo, G.: Lymphologie-Physiologie und Pathologie der Lymphgefäße und des Lymphkreislaufes. Gustav-Fischer-Verlag, Stuttgart 1969
- 116 Rutenberg, A.M., Seligman, A.M., Fine J.: Zitiert nach Morris, B. (93)b). J.Clin.Invest. 28, 1105, (1949)
- 117 Saito, M.: Etude sur la lymphographie (lymphovasculographie et lymphadenographie) chez l'homme. Ann. d'Ana. path. 10, 833 (1933)

- 118 Seifert, E.: a) Peritoneum und Netz.
In: W.v.Möllendorff (Herausgeber)
Handbuch der mikroskopischen Anatomie
des Menschen Bd.V/1.
Springer Verlag Berlin 1927
b) Über den feineren Bau des Mediastinums.
Ein Beitrag zur Frage des künstlichen
Pneumothorax.
Archiv f.klin.Chirurgie 151, 237, (1928)
- 119 Shdanow, D.A.: Zitiert nach Rusznyák, J., Földi, M.,
Szabo, G. (115)
- 120 Shear, L., Castellot, J.J., Barry, K.G.: Peritoneal Fluid
Absorptin. I Effect of Dehydration on
Kinetics.
J.Lab.Clin.Med. 66, 232, (1965)
- 121 Shear, L., Harvey, J.D., Barry, K.G.: Peritoneal Sodium Trans-
port. Enhancement by Pharmacologic and
Physical Agents.
J.Lab.Clin.Med. 67, 181, (1966)
- 122 Silva da Horta, J., Abbott, J.D., da Motta, C.L., Taveres, M.H.:
Leukaemia, Malignancies and other late
Effects Following Administration of Thoro-
trast.
Z.Krebsforschung, 77, 202, (1972)
- 123 Simer, P.H.: a) The Passage of Percutaneous Matter from
the Peritoneal Cavity into the Lympha-
tic Vessels of Diaphragm.
Anat.Rec. 101, 333, (1948)
b) Drainage of Pleural Lymphatics.
ibid. 113, 269, (1952)
- 124X Sledziewski, H.: Vaisseaux efferents des ganglions lymphati-
ques diaphragmatiques.
Zitiert nach Hayek von, H. (47).
C.r.Assoc.Anat. 1931
- 124 Sobotta, J., Becher, H.: Atlas der Anatomie des Menschen
Band II.
Urban und Schwarzenberg, München-Berlin-
Wien 1965
- 125 Sone, S., Tachiiri, H., Ishida, O., Tajiri, Y., Uchida, H.:
Pulmonary and Mediastinal Lymphography.
Radiology 90, 661, (1968)
- 126 Szabó, G., Magyar, Z.: The Site of Protein Absorption from
the Peritoneal Cavity.
Res.exp.Med. 161, 335, (1973)

- 127 Schlanger, P.: Las vias linfaticas del espacio subfrenico derecho.
Zitiert nach Tjernberg, B. (139)
Rev.med.lat.-Amer. 13, 2244, (1928)
- 128 Schmidt, W., Borst, R.H., Marx, M., Hermann, M.: Vergleichen-
de elektronenmikroskopische und histoche-
mische Untersuchungen an mesenterialen
Lymph- und Blutgefäßen der Ratte.
Z.mikr.-anat.Forsch. 82, 477, (1970)
- 129 Schoenberger, J.A., Kark, R.M., Kroll, G., Eckert, E.:
Endothelial Permeability in Man Studied
with Albumin J¹³¹ Injected Intravenously
or Intraperitoneally.
J.Clin.Investig. 32, 601, (1953)
- 130 Scholz, A., Baethke, R.: Proteinverlust während der Peritoneal-
dialyse.
in: Scheler F. (Herausgeber). Peritoneal-
dialyse.
Urban und Schwarzenberg, München-Berlin-
Wien 1967
- 131 Starling, E.H.: On the Absorption of Fluids from the
Connective Tissue Spaces.
J.Physiol. 19, 312, (1896)
- 132 Starling, E.H., Tubby, A.H.: On Absorption from and Secretion
into the Serous Cavities.
J.Physiol. 16, 140, (1894)
- 133 Staubesand, J.:
 - a) Experimentelle elektronenmikroskopi-
sche Untersuchungen zum Phänomen der
Membranvesikulation (Pinocytose).
Klin.Wschr. 38, 1248, (1960)
 - b) Zur Histophysiologie des Herzbeutels
II.Mitteilung. Elektronenmikroskopi-
sche Untersuchungen über die Passage
von Metallsolen durch mesotheliale
Membranen.
Z.Zellforsch. 58, 915, (1963)
- 134 Staubesand, J., Schmidt, W.: Zur Histophysiologie des Herz-
beutels.
I.Mitteilung. Elektronenmikroskopische
Beobachtungen an den Deckzellen des Peri-
und Epikards.
Z.Zellforsch. 53, 55, (1960)
- 135 Stewart, P.B.: The Rate of Formation and Lymphatic Removal
of Fluid in Pleural Effusions.
J.Clin.Investig. 42, 258, (1963)
- 136 Stolpmann, H.J.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen
über die Fettresorption im Peritoneum.
Verh.Deutsch.Ges.Path. 46, 213, (1962)

- 137 Taenzer, V., Meyer-Birg, J.: Die retrosternale Lymphographie.
Röfo 120, 389, (1974)
- 138 Tilney, N.L.: Patterns of Lymphatic Drainage in the
Adult Laboratory Rat.
J.Anat. 109, 369, (1971)
- 139 Tjernberg, B.: Lymphography.
Acta radiol. (Stockh.)
Suppl. 214, 1, (1962)
- 140 Vogel, A.: Zur Struktur des Peritoneal-Mesothels.
Experientia 13, 54, (1957)
- 141 Voth, D., Kohlhardt, M.: Untersuchungen zur Histomorphologie
und Zytologie des menschlichen Mesothels.
Z.Zellforsch. 58, 546, (1962)
- 142 Walter, R.: Über die "Stromata" seröser Höhlen.
Anat. H. 46, 274, (1912)
- 143 Webb, W.R., Lemmer, R.A., Elman, R.: Absorption Rates,
Elektrolyte and Volume Changes Following
Subcutaneous and Intraperitoneal In-
jections of Solutions Containing Salt,
Glucose and Amino Acids.
Surg. Gyn. Obstet. 91, 265, (1950)
- 144 Werle, E., Leusch, G.: Über den Einfluß der Hyaluronidase
auf die Wasserdurchlässigkeit von Binde-
gewebsmembranen.
Klin.Wschr. 30, 611, (1952)
- 145 Wilson, L.J., Herrod, C.M., Searle, L.G., Feichtmeier, T.V.,
Reilly, W.A.: The Absorption of Blood
from the Pleural Space, Surgery 48, 766,
(1960)
- 146 Yamaguchi, S.: Mediastinale Lymphographie.
Radiologe, 14, 95, (1974)
- 147 Yoffey, J.M., Cortice, F.C.: Lymphatics, Lymph and the Lympho-
myeloid Complex.
Academic Press, London, New York, 1970

A n h a n g



Abb. 1: Urografen 1 Minute p.i. KM teilweise diffus, teilweise in Form von
über dem Bauchraum verteilt. Die Organe des Bauchraumes, Leber, Milz
und der intraperitonealen Organe durch KM-Auflagerungen
teilweise erkennbar.

* Die Abbildungen entsprechen nicht der Originalgröße der Röntgen-
bilder.

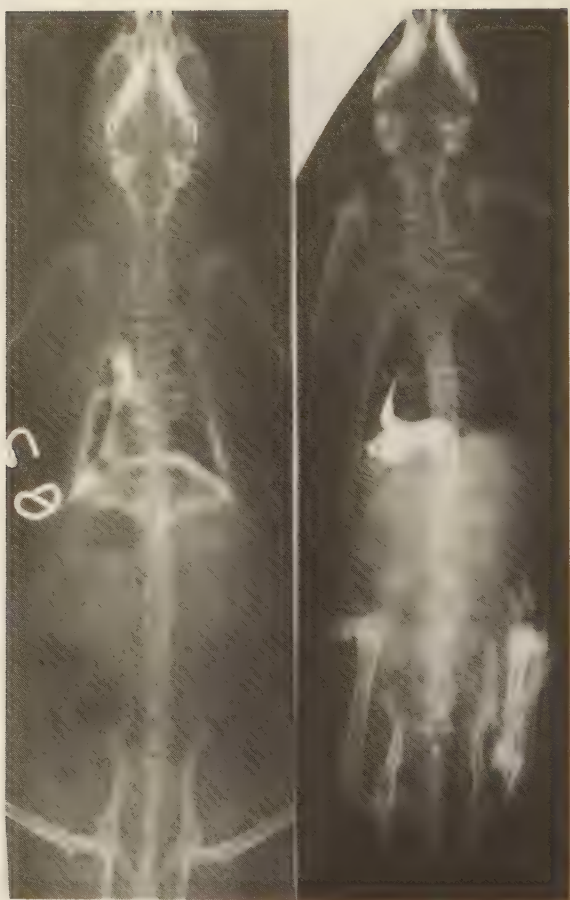


Abb. 2: Biligradin 3 Minuten p.i. (links).
Teils diffuse, teils schlierenförmige Verteilung des
KM. KM-Ausbreitung auch auf die kontralaterale Seite
der Injektion.

Abb. 3: Propylidon 15 Stunden p.i. (rechts).
Innerhalb des Beobachtungszeitraumes keine stärkere
Ausbreitung des KM vom Ort der Injektion.



Abb. 4: Conray 1 Minute p.i. (oben).

Abb. 5: Conray 40 Minuten p.i. (unten).

Ausbreitung des KM über beide Thoraxhälfen. Nach 40 Minuten Abnahme der KM-Dichte und Zunahme des intracavitären KM-Volumens durch KM-Resorption und Filtration.



Abb. 6: Urografen 90 Minuten p.i. Ein großer Teil des KM ist aus dem Peritonealraum resorbiert. Ausscheidung des KM über die Nieren. Geringe KM-Mengen im Dünndarm des mittleren Tieres.



Abb. 7: Biligrafin 2 1/2 p.i. Vollständige Resorption des KM aus dem Pleuraraum. KM-Ausscheidung über die Niere und Leber mit Nachweis von KM in Harnblase und Darmschlingen.



Abb. 8 (links): Endografin 155 Minuten p.i.

Vollständige KM-Resorption aus dem Pleuraraum. Reichlich KM im Dünndarm infolge einer KM-Ausscheidung durch die Leber.

Abb. 9 (rechts): Endografin 3 Stunden 45 Minuten p.i.

Näherungsweise vollständige KM-Resorption aus dem Pleritonealraum. KM-Ausscheidung über Niere und Leber mit schwacher KM-Anfärbung der Nieren, KM in Harnblase, Harnröhre und Sigma.



Abb. 9: Pantopaque 4 Tage p.i. Mäßiggradige Abnahme der KM-Dichte innerhalb des Beobachtungszeitraumes. KM-Ablagerungen vorwiegend im Bereich des vorderen und hinteren Recessus und über den Thoraxorganen. KM in Pleurafalten z.T. streifig konturiert.



Abb. 11. Thoraxbild 10 Stunden p.l. (links).

Abb. 12. Thoraxbild 7 Tage p.l. (rechts).

Keine diffuse KM-Ausbreitung. KM-Verteilung in fleck- und streifenförmigen Schlieren in Pleurafalten und an Grenzlinien des Pleuraraumes. Keine wesentliche KM-Resorption innerhalb des Beobachtungszeitraumes.

A d d e n d u m

Für die Überlassung des Themas danke ich
Herrn Professor Dr. J. Lissner. Herrn Dr.
G. Parrisius danke ich für die Anregung
und Leitung der Arbeit.

Lebenslauf

Am 6. November 1939 wurde ich als drittes Kind des Bürgermeisters Hanns Frank und seiner Ehefrau Maria in Göggingen bei Augsburg geboren. Ich besuchte die Volksschule in Vilseck in der Oberpfalz und anschließend die Oberrealschule in Weiden, an der ich 1959 die Reifeprüfung bestand. Nach der Militärdienstzeit begann ich im Wintersemester 1960/61 das Studium der Medizin. Mit Ausnahme eines klinischen Semesters in Wien verbrachte ich die gesamte Studienzeit in München, wo ich im Januar 1967 das Medizinische Staatsexamen ablegte. Am 17. September 1969 erlangte ich die Approbation. Bis Dezember 1970 war ich als Verwalter einer wissenschaftlichen Assistentenstelle am Pathologischen Institut der Universität München tätig. Seit Januar 1971 befinde ich mich in der Facharztausbildung für Innere Medizin am Krankenhaus des III. Ordens, München-Nymphenburg (Chefarzt Professor Dr. P. Böhm).

